

Dr. Brilliantina Indrati, M.Pd., M.Si  
Dr. Ir. Eni Susanti, S.T., M.Si  
Dr. Andi Hermawan, M.Pd



# PEMBELAJARAN REVOLUSIONER 5.0: STRATEGI STEAM, TPACK, DAN KODING

UNTUK GURU SMK INOVATIF

Editor: Asrar Aspia Manurung, M.Pd



**Pembelajaran Revolusioner 5.0:**

**Strategi STEAM, TPACK, dan Koding untuk  
Guru SMK Inovatif.**

# **Pembelajaran Revolusioner 5.0: Strategi STEAM, TPACK, dan Koding untuk Guru SMK Inovatif**

## **Penulis**

Dr. Briliantina Indrati, M.Pd., M.Si.

Dr. Ir. Eni Susanti, S.T., M.Si. | Dr. Andi Hermawan, M.P

## **Editor**

Asrar Aspia Manurung M.Pd

### **HAK CIPTA DILINDUNGI UNDANG-UNDANG**

Dilarang memperbanyak atau memindahkan Sebagian isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam dan dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penulis.



**Penerbit Al'Adzkiya**  
*Penerbit Buku Terpercaya*

Judul  
**Pembelajaran Revolusioner 5.0: Strategi STEAM, TPACK, dan Koding untuk Guru  
SMK Inovatif**

Penulis  
**Dr. Ir. Eni Susanti, S.T., M.Si., | Dr. Andi Hermawan, M.Pd  
Dr. Briliantina Indrati, M.Pd., M.Si.**

Editor  
**Asrar Aspia Manurung M.Pd**

Desain Sampul  
**Sabila Ananda**

Cetakan Pertama  
**November 2025**

Ukuran  
**(X + 295 hlm); UNESCO**

ISBN  
**978-634-04-9537-9**

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

**Diterbitkan Oleh:**  
Yayasan Al'Adzkiya Rantauprapat  
Jl. Sisingamangaraja No 126 Rantauprapat  
Jl. Gambir Perum Grand Algeria Blok C, Deli Serdang  
Telp/Fax: 061-73383509  
Email: penerbitaladzkiya@gmail.com  
Website: www.penerbitaladzkiya.com

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>BAGIAN I LANDASAN PARADIGMATIK DAN TRANSFORMASI</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDIDIKAN REVOLUSIONER DI ERA SOCIETY 5.0</b> .....	<b>1</b>
A. Konsep Society 5.0 dan Tantangan Pendidikan .....	2
B. Evolusi Pembelajaran: Dari 1.0 hingga 5.0 .....	5
C. Esensi Revolusi Pendidikan di Sekolah Vokasi .....	9
D. Guru sebagai Agen Perubahan dalam Dunia Disrupsi.....	12
E. Problem Solving sebagai Orientasi Baru Pembelajaran .....	15
F. Kecakapan Masa Depan dan Peta Kompetensi Guru SMK.....	18
G. Kesimpulan dan Arah Transformasi.....	21
<b>BAB 2 PARADIGMA SMK SEBAGAI PUSAT INOVASI DAN HUMANISTIK</b> .....	<b>24</b>
A. Visi Baru SMK: Dari Vokasi ke Kolaborasi.....	25
B. Pendidikan Vokasi di Era Digitalisasi dan Otomasi.....	27
C. Profil Lulusan SMK: Problem Solver, Creator, dan Kolaborator .....	31
D. Karakteristik Pembelajaran Revolusioner di SMK .....	34
E. Penguatan Kesiapan Guru SMK dalam Menyongsong Perubahan.....	37
F. Manajemen Perubahan Kurikulum dan Peran Guru Inovatif.....	39
<b>BAGIAN II FONDASI TEORITIK STEAM, TPACK DAN KODING</b> .....	<b>44</b>
<b>BAB 3. STEAM DALAM PENDIDIKAN VOKASI</b> .....	<b>45</b>
A. Definisi dan Prinsip STEAM .....	46
B. Integrasi Science Technology Engineering Arts Math dalam kurikulum SMK.....	50
C. Urgensi STEAM dalam Pendidikan Kejuruan.....	53
D. Model Implementasi STEAM di SMK.....	57
E. Studi Global: Praktik Baik Pembelajaran STEAM.....	61
F. Rekomendasi Strategis untuk Guru SMK.....	64

<b>BAB 4. KERANGKA TPACK UNTUK PEMBELAJARAN ABAD 21.....</b>	<b>68</b>	D. Model Mikro-Teaching dengan Pendekatan TPACK .....	140
A. Pengertian dan Komponen TPACK .....	69	E. Refleksi Guru atas Praktik Pembelajaran Berbasis TPACK.....	142
B. Integrasi Teknologi, Pedagogi, dan Konten .....	72	F. Kendala Umum dan Solusi Lapangan.....	145
C. Tantangan Implementasi TPACK di SMK.....	75	<b>BAB 8 PEMBELAJARAN KODING DI KELAS NON-TIK.....</b>	<b>149</b>
D. Penilaian dan Evaluasi Kompetensi TPACK .....	78	A. Menyisipkan Koding dalam Proyek Otomotif, Agribisnis, DKV, dan lainnya .....	150
E. TPACK dalam Desain Kurikulum Merdeka .....	81	B. Praktik Koding Visual (Scratch, Blockly, Arduino) .....	152
F. Skema Penguatan Profesionalisme Guru melalui TPACK .....	83	C. Penerapan Microcontroller dalam Produk Siswa .....	158
<b>BAB 5. LITERASI KODING SEBAGAI KOMPETENSI DASAR DIGITAL.....</b>	<b>87</b>	D. Integrasi Koding dalam P5 dan Mata Pelajaran .....	159
A. Koding: Definisi, Filosofi, dan Urgensi.....	88	E. Proyek Pembuatan Aplikasi atau Website Sederhana oleh Siswa.....	161
B. Bahasa Pemrograman Populer di Dunia Pendidikan.....	91	F. Peran Guru sebagai Fasilitator, Bukan Programmer .....	164
C. Koding dan Computational Thinking .....	95	G. Tools Gratis untuk Mendukung Koding Guru dan Siswa.....	167
D. Coding for Teacher: Keterampilan Dasar Guru .....	98	<b>BAGIAN IV IMPLEMENTASI, PELATIHAN DAN PENGEMBANGAN PROFESIONAL..</b>	<b>171</b>
E. Praktik Koding dalam Proyek SMK .....	102	<b>STRATEGI PELATIHAN GURU SMK INOVATIF .....</b>	<b>172</b>
F. Studi Kasus Guru Mengajar Koding tanpa Latar Belakang IT .....	105	A. Merancang Program Pelatihan Guru Berbasis STEAM .....	173
G. Rencana Aksi Literasi Koding untuk Guru SMK.....	108	B. Pelatihan TPACK Berbasis Microlearning dan Coaching.....	175
<b>BAGIAN III DESAIN STRATEGIS PEMBELAJARAN STEAM-TPACK-KODING .....</b>	<b>111</b>	C. Model Workshop Koding Dasar bagi Guru Non-IT .....	178
<b>BAB 6 MENDESAIN PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS STEAM .....</b>	<b>112</b>	D. Kolaborasi MGMP dan Komunitas Pembelajaran Guru .....	181
A. Langkah-langkah Menyusun Proyek STEAM .....	113	E. Sertifikasi, Portofolio, dan Rekognisi Praktik Inovatif.....	183
B. Peran Masalah Otentik dalam Pembelajaran SMK.....	115	F. Studi Kasus Program Pelatihan Guru (Indonesia & Luar Negeri) .....	186
C. Interdisiplin dan Kolaborasi dalam Kelas .....	118	<b>BAB 10. MONITORING, EVALUASI, DAN DAMPAK.....</b>	<b>191</b>
D. Merancang Modul dan Unit Proyek STEAM .....	121	A. Indikator Keberhasilan Implementasi di Kelas.....	192
E. Format Asesmen dan Rubrik STEAM .....	124	B. Instrumen Penilaian Penerapan STEAM dan TPACK.....	195
F. Refleksi dan Umpan Balik dalam Pembelajaran STEAM.....	127	C. Pengukuran Dampak terhadap Hasil Belajar dan Kreativitas Siswa.....	198
<b>BAB 7 MENEGRASIKAN TPACK DALAM PRAKTIK KELAS.....</b>	<b>131</b>	D. Dokumentasi Praktik Baik Guru dan Refleksi.....	201
A. Tahapan Integrasi Teknologi dalam Perencanaan .....	132	E. Strategi Perbaikan Berkelanjutan dan Aksi Korektif.....	203
B. Pilihan Teknologi Edukatif dan Aplikatif.....	134	<b>BAGIAN V INOVASI LAPANGAN DAN MASA DEPAN PENDIDIKAN VOKASI.....</b>	<b>207</b>
C. Sinkronisasi TPACK dalam Kurikulum dan Asesmen.....	138	<b>BAB 11 STUDI KASUS GURU SMK INOVATIF .....</b>	<b>208</b>

A. Kisah Transformasi Guru Non-TIK Menerapkan Coding .....	209
B. Inovasi Pembelajaran STEAM di SMK Desain Komunikasi Visual.....	211
C. Praktik Baik Penerapan TPACK di SMK Pariwisata dan Bisnis Manajemen .....	214
D. Proyek Interdisiplin: Daur Ulang + Mikrokontroler .....	217
E. Dampak Langsung terhadap Motivasi dan Produktivitas Siswa.....	220
F. Kumpulan Portofolio Guru dalam Praktik STEAM TPACK Koding .....	223
<b>BAB 12. MEMBANGUN EKOSISTEM INOVASI DI SEKOLAH.....</b>	<b>227</b>
A. Peran Kepala Sekolah dan Waka Kurikulum.....	228
B. Kebijakan Sekolah yang Mendukung Inovasi .....	230
C. Pemetaan SDM, Sarpras, dan Jejaring DUDI .....	233
D. Kolaborasi Lintas Mapel untuk Proyek STEAM .....	235
E. Digitalisasi Dokumentasi dan Manajemen Pembelajaran Inovatif .....	238
F. Integrasi STEAM dan Koding dalam Visi Misi Sekolah.....	241
<b>BAB 13 MANIFESTO GURU SMK ABAD 21.....</b>	<b>245</b>
A. Mendidik dengan Teknologi dan Jiwa.....	246
B. Transformasi Bukan Pilihan, tapi Keniscayaan.....	248
C. Peran Etis dan Intelektual Guru Vokasi.....	249
D. Harapan untuk Generasi Pendidik Mendatang .....	251
E. Epilog: Dari Kapur ke Cloud – Dari Pengajar ke Inovator.....	253
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>256</b>
<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>278</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>281</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>292</b>

# BAGIAN I

## LANDASAN PARADIGMATIK DAN TRANSFORMASI

# BAB 1

## PENDIDIKAN REVOLUSIONER DI ERA SOCIETY 5.0

### *“Menyiapkan Guru untuk Masa Depan yang Sudah Tiba”*

*“Yang kita butuhkan bukan guru yang menguasai masa lalu, tapi guru yang sanggup menjembatani masa kini dengan masa depan yang terus berubah.”*

Ketika pintu era Society 5.0 terbuka lebar, pendidikan tidak lagi bisa bertahan dalam kerangkanya yang lama. Dunia saat ini tidak hanya membutuhkan lulusan yang terampil, tetapi yang fleksibel, adaptif, kreatif, dan berpikir lintas batas. Maka, pertanyaannya bukan lagi *“apa yang akan kita ajarkan?”*, tetapi *“bagaimana kita menyiapkan siswa untuk menjawab pertanyaan yang bahkan belum ada hari ini?”*

SMK sebagai ujung tombak pendidikan vokasi memiliki posisi strategis dalam menjawab tantangan zaman. Di tengah laju otomasi, dirupsi industri, dan derasnya teknologi, sekolah menengah kejuruan tidak bisa lagi hanya berperan sebagai penyedia tenaga kerja siap pakai. SMK harus berevolusi menjadi laboratorium inovasi: tempat ide dirancang, solusi diuji, dan karakter dibentuk.

Namun perubahan SMK tak akan mungkin tanpa transformasi guru. Karena sebanyak apapun kurikulum berubah, selama guru masih berpikir dan bertindak dalam cara lama, maka siswa akan tetap berada dalam masa lalu. Maka yang perlu ditransformasikan pertama-tama bukan hanya isi pembelajaran, melainkan mindset guru, peran guru, dan kompetensi guru.

Bab ini akan membuka jendela berpikir tentang kenapa pendidikan kita harus direvolusi secara sistemik dan filosofis. Kita akan menelusuri dari akar konsep Society 5.0, mengkaji evolusi pembelajaran dari era 1.0 ke 5.0, hingga menyoroti peran strategis guru SMK sebagai agen perubahan.

Kita akan menyadari bahwa problem solving, literasi digital, dan kepemimpinan inovatif bukan sekadar jargon, tapi fondasi penting untuk mengajar generasi yang hidup dalam ketidakpastian.

Melalui uraian bab ini, pembaca akan diajak untuk tidak hanya memahami perubahan zaman, tetapi menemukan peran baru sebagai guru masa depan—yang tidak hanya mengajarkan ilmu, tapi juga menanamkan kemampuan untuk berpikir, beradaptasi, dan memberi makna dalam dunia yang terus berubah.

## A. Konsep Society 5.0 dan Tantangan Pendidikan

Perubahan zaman tidak pernah berjalan linier, melainkan melompat dengan laju yang semakin cepat. Di tengah arus revolusi digital yang ditandai dengan kehadiran kecerdasan buatan, Internet of Things, robotika, big data, dan teknologi otomasi, dunia sedang menyongsong tatanan sosial baru yang tidak lagi semata-mata digerakkan oleh mesin, tetapi oleh nilai-nilai kemanusiaan yang terintegrasi dengan teknologi. Gagasan ini diwujudkan dalam konsep Society 5.0, yang pertama kali diperkenalkan oleh Pemerintah Jepang dalam *Fifth Science and Technology Basic Plan* (Cabinet Office of Japan, 2019). Society 5.0 merupakan lompatan dari masyarakat informasi (Society 4.0) ke masyarakat cerdas, yang menempatkan manusia sebagai pusat dari inovasi teknologi. Teknologi dalam kerangka ini bukan hanya alat, tetapi menjadi sarana strategis untuk menyelesaikan berbagai persoalan sosial secara inklusif dan berkelanjutan.

Dalam masyarakat Society 5.0, integrasi antara dunia fisik dan dunia digital menjadi kenyataan sehari-hari. Kecerdasan buatan digunakan untuk meningkatkan layanan publik, IoT diterapkan untuk efisiensi dalam sektor pertanian hingga industri, dan analitik data dimanfaatkan untuk perencanaan kebijakan berbasis bukti. Namun lebih jauh dari itu, Society 5.0 mengusung pendekatan nilai: menjadikan teknologi sebagai instrumen untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Fukuyama (2021) menyebut Society 5.0 sebagai bentuk ideal dari “human-centered smart society” yang mempertemukan efisiensi digital dengan nilai-nilai moral, etika, dan keadilan sosial. Konsep ini memberi arah baru bagi dunia pendidikan, yakni menata kembali fungsi pendidikan sebagai pencetak insan cerdas yang tidak hanya menguasai teknologi, tetapi juga memiliki kepekaan sosial dan kemampuan menyelesaikan masalah dunia nyata.

Dalam konteks pendidikan, Society 5.0 menantang paradigma tradisional yang masih mendominasi di banyak institusi, termasuk di Indonesia. Sistem pembelajaran yang terlalu berfokus pada transfer informasi, hafalan, dan ujian standar tidak lagi memadai untuk menyiapkan peserta didik yang akan hidup dalam dunia yang tidak pasti, serba kompleks, dan penuh ambiguitas. UNESCO (2022) dalam dokumennya *Reimagining our futures together: A new social contract for education* menyatakan bahwa masa depan pendidikan harus dibangun atas dasar kolaborasi, kreativitas, dan kemampuan berpikir sistemik. Pendidikan harus menciptakan lingkungan belajar yang memberdayakan, yang memampukan siswa untuk menjadi agen perubahan, bukan hanya pengikut sistem.

Untuk menjawab tantangan ini, pendidikan harus mendesain ulang pendekatan pembelajarannya. Di sinilah urgensi pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) menjadi relevan. STEAM menawarkan cara berpikir lintas disiplin yang memungkinkan siswa mengembangkan kreativitas, keterampilan teknis, sekaligus empati sosial. Tidak hanya menggabungkan sains dan teknologi, STEAM juga mengintegrasikan seni sebagai ekspresi humanistik dalam problem solving. Penelitian Yilmaz (2020) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEAM meningkatkan kapasitas siswa dalam menyelesaikan masalah kompleks, meningkatkan retensi belajar, dan membangun keterampilan abad 21 yang dibutuhkan dalam era Society 5.0. Di SMK, pendekatan ini menjadi strategis karena sesuai dengan orientasi pembelajaran berbasis proyek dan dunia kerja.

Namun, penerapan STEAM yang efektif membutuhkan kompetensi guru yang tidak hanya memahami konten keilmuan, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi dan pedagogi ke dalam praktik mengajarnya. Di sinilah konsep TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) menjadi penting. TPACK adalah kerangka kerja yang dikembangkan oleh Mishra dan Koehler (2006), yang menjelaskan bahwa penguasaan teknologi oleh guru hanya akan berdampak signifikan bila disinergikan secara tepat dengan konten pelajaran dan metode mengajar. Dengan memahami TPACK, guru dapat merancang pengalaman belajar yang autentik, relevan, dan memanfaatkan teknologi secara bermakna bukan hanya sekadar mengganti papan tulis dengan proyektor atau mengganti LKS dengan PowerPoint.

Khusus bagi guru SMK, tantangan ini lebih kompleks karena mereka dituntut tidak hanya sebagai pengajar, tetapi juga sebagai pelatih keterampilan dan mentor pengembangan karakter kerja. Mereka menghadapi siswa dengan latar belakang dan kesiapan beragam, sambil dituntut menyesuaikan diri dengan kurikulum yang terus berkembang dan teknologi yang terus berubah. Maka kompetensi guru SMK tidak cukup lagi hanya teknikal dan pedagogis, melainkan harus digital, reflektif, dan kolaboratif. Di sinilah peran TPACK sebagai perangkat berpikir sangat membantu guru dalam membuat keputusan instruksional yang tepat dan adaptif.

Lebih jauh, era Society 5.0 memperkenalkan dimensi baru dalam literasi, yaitu literasi digital dan literasi koding. Literasi ini tidak sekadar memahami cara menggunakan perangkat teknologi, tetapi juga memahami bagaimana cara berpikir algoritmik dan menyusun solusi berbasis logika terstruktur. OECD (2021) dalam laporan *Future of Education and Skills 2030* menegaskan pentingnya keterampilan *computational thinking* sebagai bagian dari kompetensi utama yang perlu dimiliki siswa abad 21. Coding tidak lagi milik eksklusif siswa jurusan TIK, tetapi menjadi alat bantu berpikir yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang, mulai dari teknik otomotif, agribisnis, hingga desain kreatif dan kuliner.

Sayangnya, adopsi coding dalam pendidikan vokasi masih menghadapi kendala serius. Banyak guru merasa tidak memiliki latar belakang teknologi, atau ragu memulai karena keterbatasan infrastruktur dan pelatihan. Namun riset dari Moreno-León dan Robles (2016) menunjukkan bahwa pengenalan coding secara bertahap dan berbasis proyek sederhana dapat meningkatkan motivasi guru, kepercayaan diri, serta kreativitas dalam mengembangkan pembelajaran lintas disiplin. Maka penguatan kompetensi coding untuk guru SMK perlu dirancang bukan sebagai pelatihan teknis semata, melainkan sebagai bagian dari pembangunan *mindset digital* yang transformatif.

Selain tantangan kompetensi, guru juga menghadapi tekanan struktural yang tidak kecil. Administrasi yang kompleks, kebijakan yang berubah-ubah, serta beban tambahan di luar kelas seringkali menyita energi guru untuk bereksperimen dan berinovasi. Namun jika tantangan-tantangan ini tidak segera diatasi, kita berisiko menghasilkan lulusan yang tidak siap menghadapi dunia kerja yang telah berubah. Dalam

konteks ini, guru SMK memiliki peran strategis sebagai penentu arah mutu lulusan vokasi, bukan sekadar pelaksana kurikulum.

Perubahan pendidikan di era Society 5.0 tidak mungkin bersifat tambal sulam. Ia membutuhkan perubahan dari dalam: perubahan paradigma, pola pikir, dan orientasi profesi guru. Guru tidak lagi cukup menjadi pengajar pengetahuan, tetapi harus menjadi fasilitator pembentukan karakter, pelatih keterampilan masa depan, dan juru bicara nilai-nilai kemanusiaan di tengah derasnya teknologi. Guru harus menyeimbangkan kecanggihan dengan kebijaksanaan, antara inovasi dan empati, antara logika dan rasa. Inilah wajah baru profesionalisme guru di abad 21.

Dengan memahami secara mendalam konsep Society 5.0, maka pendidikan tidak boleh lagi hanya fokus pada efisiensi dan hasil ujian, melainkan pada pembentukan pribadi utuh. Guru harus mampu menciptakan ruang kelas yang tidak hanya informatif, tetapi juga transformatif di mana siswa belajar untuk berpikir, merasakan, dan beraksi. Pendidikan harus menjadi tempat lahirnya *problem solver yang bermoral*, bukan hanya tenaga kerja yang mahir mesin.

Society 5.0 adalah tantangan sekaligus kesempatan. Tantangan karena menuntut kecepatan beradaptasi dalam sistem yang seringkali lambat berubah. Kesempatan karena membuka ruang bagi guru untuk keluar dari sekat-sekat lama dan menemukan makna baru dalam profesinya. Guru SMK hari ini adalah *penentu kualitas masa depan bangsa* karena di tangan mereka, siswa-siswa vokasi tidak hanya disiapkan untuk bekerja, tetapi juga untuk hidup, tumbuh, dan memberi solusi.

## B. Evolusi Pembelajaran: Dari 1.0 hingga 5.0

Pendidikan adalah sistem yang hidup ia terus bertransformasi mengikuti denyut zaman. Seiring perkembangan masyarakat dan teknologi, cara manusia belajar pun mengalami perubahan fundamental. Apa yang dahulu cukup dengan papan tulis dan kapur, kini menuntut integrasi antara big data, kecerdasan buatan, dan pembelajaran lintas disiplin. Pemahaman tentang evolusi pembelajaran dari masa ke masa menjadi penting agar guru, terutama di pendidikan vokasi seperti SMK, tidak hanya tahu “apa”

yang harus diajarkan, tetapi juga “bagaimana” dan “mengapa” harus diajarkan dengan cara yang baru.

Pembelajaran 1.0 merupakan paradigma awal dalam sejarah pendidikan formal modern. Sistem ini berpusat pada guru (teacher-centered), mengedepankan hafalan, disiplin ketat, dan penyampaian satu arah. Guru menjadi otoritas tunggal di kelas, dan siswa diposisikan sebagai penerima pasif informasi. Evaluasi dilakukan melalui ujian tulis berbasis ingatan, sementara teknologi nyaris tidak hadir. Model ini relevan pada masa revolusi industri awal, ketika pendidikan diarahkan untuk melatih pekerja yang taat dan efisien dalam sistem linear (Hargreaves, 2003).

Memasuki era Pembelajaran 2.0, perubahan mulai tampak dengan masuknya pendekatan yang lebih terstruktur dan sistematis dalam penyusunan kurikulum. Buku teks menjadi pusat, evaluasi berbasis kriteria standar dikembangkan, dan konten menjadi fokus utama. Guru masih berperan sebagai penyampai informasi, namun mulai mengenal alat bantu seperti OHP dan audio visual. Era ini mengakomodasi perkembangan dunia kerja yang mulai kompleks, namun masih belum menggugah aspek kognitif tinggi dan kreatif siswa.

Transformasi besar terjadi dalam Pembelajaran 3.0, yang menandai pergeseran paradigma menuju pembelajaran yang berpusat pada siswa (student-centered learning). Konsep konstruktivisme mulai diadopsi, di mana siswa diposisikan sebagai subjek aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman. Guru tidak lagi menjadi pusat informasi, tetapi fasilitator. Pendekatan berbasis proyek (project-based learning), kerja kelompok, dan pembelajaran kolaboratif mulai berkembang. Teknologi seperti komputer multimedia mulai digunakan, memperluas akses terhadap sumber belajar alternatif (Jonassen, 1999).

Era digital mendorong munculnya Pembelajaran 4.0, yang mengintegrasikan teknologi secara sistemik ke dalam pembelajaran. Pembelajaran menjadi fleksibel, personalisasi muncul melalui platform LMS (Learning Management System), blended learning menjadi praktik umum, dan penggunaan video conference serta simulasi daring menjadi bagian dari kegiatan belajar. Guru dituntut menjadi desainer pembelajaran digital mengatur alur, sumber, serta aktivitas siswa lintas platform. Era ini juga

memunculkan tantangan baru terkait literasi digital, disrupsi sumber belajar, dan kebutuhan akan penyesuaian pedagogi yang lebih adaptif (Schleicher, OECD, 2019).

Namun transformasi tidak berhenti di sana. Kita kini berada di ambang Pembelajaran 5.0 era di mana pembelajaran tidak hanya digital, tetapi human-centered dan transformatif. Pembelajaran 5.0 menempatkan manusia sebagai pusat sistem pendidikan yang memanfaatkan teknologi untuk menciptakan solusi sosial, bukan sekadar efisiensi proses belajar. Guru tidak hanya bertindak sebagai fasilitator, melainkan co-creator, mentor transformasi, dan agen pengubah pola pikir siswa. Pendekatan pembelajaran menuntut integrasi lintas bidang melalui STEAM, penguasaan literasi digital lanjutan, penguatan nilai, serta kemampuan berpikir kompleks berbasis empati dan kolaborasi (Moravec, 2020).

Untuk memudahkan pemahaman, berikut disajikan tabel evolusi pembelajaran dari 1.0 hingga 5.0 berdasarkan ciri utama, peran guru, dan teknologi pendukung:

**Tabel 1.1 Evolusi Pembelajaran dari 1.0 hingga 5.0**

Era Pembelajaran	Ciri Utama	Peran Guru	Teknologi
1.0	Teacher-Centered, Hafalan, Disiplin	Otoritatif, Pemberi Instruksi	Minim/Tradisional
2.0	Content-Centered, Buku Teks, Evaluasi Standar	Penyampai Konten	Audio-Visual, OHP
3.0	Student-Centered, Konstruktivisme, Proyek	Fasilitator	Multimedia, Komputer

Era Pembelajaran	Ciri Utama	Peran Guru	Teknologi
4.0	Digital Learning, Blended, Teknologi Terintegrasi	Desainer Pembelajaran Digital	Internet, LMS, Video Conference
5.0	Human-Centered, Interdisiplin, STEAM-AI-Empati	Co-creator, Coach, Mentor Transformasi	AI, IoT, VR, Coding, Big Data

Tabel tersebut memperlihatkan bahwa semakin maju era pembelajaran, semakin besar pula tuntutan terhadap peran guru sebagai fasilitator inovatif. Di era 5.0, guru tidak hanya dituntut menguasai teknologi, tetapi juga mampu merancang pengalaman belajar yang transformatif dan bermakna. Integrasi teknologi bukanlah tujuan akhir, melainkan jembatan menuju pembelajaran yang lebih kontekstual, kolaboratif, dan penuh makna.

Pergeseran ini sejalan dengan pemikiran Thomas Frey (2018), futuris pendidikan yang menekankan bahwa *“future jobs don't yet exist, and will be created by those with imagination and agility.”* Maka sistem pendidikan harus mampu menumbuhkan kemampuan berimajinasi, berpikir kritis, dan beradaptasi cepat. Siswa SMK tidak cukup hanya menguasai satu bidang keterampilan; mereka harus dibekali cara berpikir yang fleksibel, lintas disiplin, dan mampu merancang solusi berdasarkan masalah nyata.

Pembelajaran 5.0 juga menempatkan seni dan nilai humanistik dalam posisi penting. Tidak seperti pendekatan STEM yang cenderung teknis dan rasional, pendekatan STEAM (dengan penambahan "Arts") memberikan ruang pada ekspresi kreatif, etika, estetika, dan empati. Inilah alasan mengapa SMK di era kini perlu menanamkan nilai seni,

budaya, dan keterampilan berkomunikasi dalam kegiatan vokasional, agar lulusan tidak sekadar “cepat kerja”, tetapi “siap menjadi pemimpin perubahan”.

Pergeseran menuju Pembelajaran 5.0 juga berimplikasi pada cara kita mendesain kurikulum dan asesmen. Ujian nasional atau tes pilihan ganda tidak lagi cukup untuk menilai keterampilan kompleks. Model asesmen harus bergeser ke arah portofolio digital, unjuk kerja, proyek berbasis komunitas, dan refleksi berbasis pengalaman. Di sinilah guru memiliki peran strategis dalam mengembangkan asesmen otentik yang tidak hanya mengukur hasil, tetapi juga proses berpikir dan nilai yang tumbuh dalam diri siswa.

Data dari *World Economic Forum (2023)* memperkuat urgensi perubahan ini. Laporan *Future of Jobs* menyebutkan bahwa keterampilan seperti *analytical thinking, active learning, resilience, ideation, dan digital fluency* menjadi kompetensi paling dibutuhkan dalam lima tahun ke depan. Jika sistem pembelajaran kita tidak segera berevolusi, lulusan akan terus tertinggal jauh dari dinamika dunia kerja yang nyata.

Transformasi menuju Pembelajaran 5.0 tidak harus menunggu sempurna. Yang diperlukan adalah keberanian untuk memulai, kesediaan untuk belajar ulang, dan kemauan untuk berbagi praktik baik. Guru SMK dapat memulai dari langkah-langkah kecil: menyisipkan elemen STEAM ke dalam proyek, mengintegrasikan TPACK dalam RPP, atau mengenalkan coding dasar untuk siswa lintas jurusan. Dari langkah kecil ini, terbentuklah budaya pembelajaran yang siap menghadapi masa depan.

Oleh karena itu, memahami evolusi pembelajaran bukan hanya soal sejarah pendidikan, melainkan peta jalan perubahan menuju pembelajaran yang lebih bermakna. Guru adalah penggerak utama dalam perjalanan ini. Melalui pemahaman atas dinamika pembelajaran 1.0 hingga 5.0, guru dapat memposisikan dirinya sebagai arsitek pembelajaran masa depan yang tidak hanya adaptif terhadap teknologi, tetapi juga memiliki sensitivitas terhadap kebutuhan manusia dan dinamika masyarakat.

### C. Esensi Revolusi Pendidikan di Sekolah Vokasi

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan institusi pendidikan yang memiliki mandat strategis: mencetak generasi terampil, siap kerja, dan mampu berkontribusi dalam pembangunan ekonomi nasional maupun global. Dalam konteks perubahan zaman yang sangat cepat dan kompleks, seperti era Society 5.0, posisi SMK tidak dapat dipertahankan dalam kerangka berpikir lama. SMK tidak lagi cukup hanya menjadi penyedia lulusan yang memiliki keterampilan teknis semata, melainkan harus bertransformasi menjadi pusat inovasi pembelajaran yang mampu menjembatani dunia pendidikan dan dunia kerja melalui pendekatan yang transformatif, adaptif, dan humanistik.

Esensi dari revolusi pendidikan di sekolah vokasi bukan hanya perubahan kurikulum atau metode pengajaran, tetapi perubahan visi pendidikan itu sendiri. Revolusi dalam hal ini mengacu pada *shifting paradigm*, yaitu pergeseran nilai, peran, dan arah penyelenggaraan pendidikan vokasi. Dalam sistem pendidikan tradisional, keberhasilan SMK diukur dari angka serapan kerja lulusannya. Namun dalam era disrupsi, keberhasilan tidak lagi cukup jika hanya menghasilkan pekerja. SMK harus mampu menyiapkan problem solver, kreator solusi, dan manusia pembelajar seumur hidup yang dapat bertahan dan berkembang dalam dunia kerja yang terus berubah (OECD, 2020).

Dalam praktiknya, revolusi pendidikan di SMK memerlukan perubahan menyeluruh dari tiga aspek fundamental: filosofi belajar, struktur kurikulum, dan kompetensi guru. Pertama, filosofi belajar perlu bergeser dari pendekatan satu arah dan produktif semata menjadi pendekatan yang kolaboratif, kontekstual, dan berbasis solusi. Hal ini mengacu pada pendekatan konstruktivis yang menempatkan siswa sebagai agen aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman nyata dan reflektif (Vygotsky, 1978). Siswa SMK perlu dilibatkan dalam pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), kerja lapangan, dan simulasi industri yang nyata.

Kedua, struktur kurikulum di SMK harus mengakomodasi integrasi lintas disiplin dan fleksibilitas ruang belajar. Di sinilah pendekatan STEAM menjadi sangat penting. Dengan menggabungkan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika, siswa dilatih tidak hanya menguasai keterampilan teknis, tetapi juga berpikir kreatif dan

sistemik. Integrasi STEAM ke dalam kurikulum SMK mendorong pembelajaran yang tidak hanya relevan dengan industri, tetapi juga membentuk daya nalar dan rasa estetis siswa sebagai calon inovator (Beers, 2011).

Ketiga, kompetensi guru menjadi fondasi utama. Revolusi pendidikan vokasi tidak mungkin terlaksana tanpa guru yang memiliki kompetensi abad 21. Guru di SMK dituntut tidak hanya sebagai pengajar keterampilan, tetapi sebagai mentor pembelajaran, fasilitator kreatif, dan inovator pembelajaran digital. Model kompetensi TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) sangat relevan untuk memandu guru dalam merancang pembelajaran integratif yang menggabungkan pemahaman konten, metode pedagogi, dan pemanfaatan teknologi secara simultan (Mishra & Koehler, 2006). Guru SMK yang menguasai TPACK dapat memfasilitasi kelas yang adaptif, kontekstual, dan bermakna bagi siswa.

Salah satu tantangan terbesar dalam transformasi ini adalah kesenjangan antara kesiapan guru dan tuntutan perubahan. Banyak guru SMK yang belum familiar dengan pendekatan STEAM, tidak memiliki akses pelatihan koding, atau belum terbiasa menggunakan Learning Management System (LMS). Oleh karena itu, revolusi pendidikan juga harus ditopang oleh kebijakan pelatihan guru yang berkelanjutan, komunitas praktik (*community of practice*), dan kemitraan strategis dengan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri). Pendekatan *microlearning* dan pelatihan berbasis kebutuhan nyata dapat menjadi solusi untuk mempercepat peningkatan kapasitas guru secara bertahap dan kontekstual (Salmon, 2019).

Implementasi revolusi pendidikan vokasi juga membutuhkan tata kelola yang reflektif dan responsif. Kepala sekolah, waka kurikulum, dan koordinator program keahlian perlu menyusun visi pembelajaran jangka panjang yang sejalan dengan transformasi pendidikan nasional dan global. Mereka juga perlu membangun budaya inovasi di sekolah, seperti menyelenggarakan forum guru inovatif, pameran proyek siswa, kemitraan dengan industri lokal, dan program magang guru ke dunia kerja. Sekolah perlu menciptakan ekosistem pembelajaran yang menyemangati guru untuk berinovasi, bukan sekadar memenuhi administrasi.

Lebih jauh, revolusi pendidikan di SMK juga menyentuh aspek penilaian. Model penilaian tradisional berbasis angka dan ujian kognitif tunggal tidak lagi cukup untuk mengukur kecakapan siswa yang kompleks. Diperlukan pendekatan asesmen otentik yang menilai keterampilan siswa melalui produk nyata, portofolio digital, kemampuan berkolaborasi, serta kemampuan refleksi diri. Di sinilah guru SMK perlu dibekali kompetensi dalam menyusun rubrik, memberi umpan balik konstruktif, dan merancang evaluasi berbasis kinerja yang terintegrasi dengan dunia industri (Wiggins, 1998).

Revolusi pendidikan di sekolah vokasi bukanlah sebuah proyek instan. Ia adalah perjalanan kolektif yang memerlukan arah yang jelas, kepemimpinan yang transformatif, dan partisipasi penuh dari seluruh ekosistem sekolah. Dunia sedang bergerak ke arah disrupsi dan otomasi, dan hanya sekolah yang mampu bergerak bersama perubahan itulah yang akan tetap relevan. Dalam konteks Indonesia, SMK memiliki potensi luar biasa untuk menjadi motor penggerak pembangunan sumber daya manusia unggul jika dikelola dengan orientasi masa depan.

Akhirnya, revolusi pendidikan vokasi harus dilandasi oleh semangat membebaskan bukan hanya membebaskan siswa dari ketidaktahuan, tetapi juga membebaskan guru dari kungkungan sistem lama yang membatasi kreativitas dan inisiatif. Freire (1970) mengingatkan kita bahwa pendidikan sejati adalah pendidikan yang membebaskan manusia, bukan menjinakkannya. Revolusi di SMK bukan hanya tentang teknologi atau kurikulum, tetapi tentang membangun kesadaran kolektif bahwa pendidikan harus terus bergerak menuju kemanusiaan, keadilan, dan kebermaknaan.

#### **D. Guru sebagai Agen Perubahan dalam Dunia Disrupsi**

Perubahan yang terjadi dalam dunia pendidikan saat ini bukanlah perubahan bertahap, melainkan disrupsi perubahan cepat, mendadak, dan mendalam yang menggoyahkan cara berpikir lama dan menuntut pembaruan mendasar dalam cara kerja sistem pendidikan. Di tengah badai disrupsi tersebut, guru bukan lagi hanya pelaksana kurikulum, tetapi harus tampil sebagai agen perubahan: sosok yang memimpin, menginspirasi, dan menciptakan transformasi dari dalam ruang kelas.

Dalam konteks pendidikan vokasi, disrupsi tidak hanya berasal dari kemajuan teknologi seperti kecerdasan buatan, Internet of Things, dan otomasi industri. Ia juga datang dari perubahan karakter siswa generasi Z dan Alpha, ekspektasi dunia kerja yang semakin dinamis, serta orientasi pembelajaran yang mengedepankan fleksibilitas, kreativitas, dan literasi digital. World Economic Forum (2023) mencatat bahwa 44% keterampilan pekerja saat ini akan mengalami pergeseran dalam lima tahun ke depan. Ini berarti guru SMK tidak lagi cukup hanya mengajarkan kompetensi teknis, tetapi juga harus memfasilitasi keterampilan belajar ulang (*relearning*), daya lenting (*resilience*), dan berpikir lintas sistem (*systems thinking*).

Sebagai agen perubahan, guru harus memiliki visi dan kesadaran reflektif atas perannya. Mereka bukan semata-mata pengajar materi ajar, melainkan pembentuk pola pikir, karakter, dan masa depan peserta didik. Hal ini menuntut guru untuk bersedia berubah terlebih dahulu sebelum mengubah siswanya. Dalam istilah Fullan (1993), guru adalah “change agent from within” perubahan yang otentik tidak datang dari regulasi eksternal, tetapi dari kesadaran internal para pendidik untuk menciptakan pembelajaran yang bermakna dan kontekstual.

Namun, menjadi agen perubahan di era disrupsi bukan perkara mudah. Guru menghadapi realitas kompleks: beban administratif yang tinggi, keterbatasan akses pelatihan, dan tekanan target kinerja. Meski demikian, tantangan tersebut tidak dapat dijadikan alasan untuk stagnan. Guru yang transformatif justru memanfaatkan keterbatasan sebagai ruang untuk berinovasi, memperkuat kolaborasi dengan rekan sejawat, serta merancang pembelajaran yang berpusat pada siswa dengan pendekatan kreatif, seperti penggunaan metode *Design Thinking*, *blended learning*, dan integrasi STEAM TPACK coding dalam pembelajaran vokasi.

Salah satu kekuatan terbesar guru sebagai agen perubahan adalah kemampuan adaptif dan resiliensinya. Penelitian yang dilakukan oleh Avalos (2011) menegaskan bahwa guru yang paling berhasil dalam konteks perubahan adalah mereka yang aktif merefleksikan praktiknya, bersedia belajar dari pengalaman, dan terlibat dalam komunitas pembelajaran profesional. Dalam konteks SMK, komunitas ini bisa berupa

MGMP produktif, komunitas guru inovatif vokasi, atau forum daring yang menghubungkan guru dengan praktisi industri dan akademisi.

Guru juga perlu menjadi pemimpin pembelajaran yang transformatif. Leadership di sini tidak mengacu pada jabatan struktural, melainkan pada kapasitas personal untuk mempengaruhi dan menggerakkan perubahan. Dalam konsep *instructional leadership*, guru memainkan peran utama dalam menciptakan budaya belajar yang mendukung kreativitas, pemecahan masalah, dan kolaborasi. Mereka menjadi panutan dalam penggunaan teknologi pendidikan, pelatihan berbasis proyek, serta penerapan asesmen autentik yang mengukur proses dan pemahaman, bukan hanya hasil akhir.

Sebagai agen perubahan, guru SMK juga dituntut menjadi pembelajar sepanjang hayat (*lifelong learner*). Ini berarti mereka harus terus memperbarui kompetensinya, mengikuti perkembangan industri, serta mengintegrasikan praktik terbaik dari berbagai sumber. Guru yang terbuka terhadap teknologi, misalnya, dapat memanfaatkan platform daring seperti *Coursera*, *Udemy*, *MikroTik Academy*, atau *Cisco Networking Academy* untuk memperkaya wawasan teknis dan pedagogisnya. Sikap inkuisitif seperti inilah yang membedakan guru biasa dari guru transformatif.

Lebih lanjut, guru juga memiliki peran penting dalam membangun jembatan antara sekolah dan dunia industri. Mereka tidak hanya mengajarkan keterampilan yang sudah ditetapkan, tetapi juga berperan dalam merancang kurikulum adaptif yang merespons kebutuhan riil dunia kerja. Kolaborasi guru dengan pelaku industri dapat menghasilkan kurikulum berbasis proyek, magang terstruktur, dan pengembangan *teaching factory* yang relevan. Dalam konteks ini, guru bertindak sebagai *translator* antara kebutuhan industri dan dinamika pembelajaran di kelas.

Untuk mendukung peran guru sebagai agen perubahan, diperlukan dukungan sistemik dari pemimpin sekolah dan kebijakan pendidikan. Sekolah perlu menciptakan budaya inovatif yang menghargai eksperimentasi, memberikan ruang guru untuk mencoba pendekatan baru, dan memberi apresiasi atas praktik baik. Di sisi lain, pemerintah harus menyediakan platform pelatihan yang fleksibel, akses terhadap sumber daya digital, serta sistem insentif yang mendorong pengembangan profesional guru secara berkelanjutan.

Namun di atas semua itu, yang paling menentukan adalah kesadaran personal dan komitmen moral guru itu sendiri. Sebuah perubahan besar selalu diawali dari keberanian individu untuk memulai langkah kecil. Guru yang sadar bahwa dirinya memiliki pengaruh besar terhadap masa depan siswa akan senantiasa mencari cara terbaik untuk terus bertumbuh dan memperbaiki praktiknya. Sebagaimana dikatakan oleh Palmer (1998), "*We teach who we are*" kualitas pembelajaran sangat ditentukan oleh kualitas pribadi dan nilai-nilai yang dihidupi oleh guru.

Di tengah dunia yang terus berubah, guru SMK bukan hanya pengajar, tapi penggerak. Mereka bukan hanya pekerja teknis, tetapi pembentuk generasi. Dalam situasi krisis, disrupsi, dan ketidakpastian, guru adalah titik terang yang bisa menyalakan lentera harapan bagi siswa untuk menghadapi dunia dengan percaya diri, kreatif, dan bermakna. Inilah saatnya guru tidak hanya mengikuti perubahan, tetapi memimpin perubahan.

## E. Problem Solving sebagai Orientasi Baru Pembelajaran

Dalam lanskap pendidikan kontemporer, *kemampuan memecahkan masalah* (*problem solving*) bukan lagi sekadar keterampilan tambahan, tetapi telah menjadi inti dari berbagai kompetensi abad 21. Di tengah ketidakpastian sosial, ekonomi, dan teknologi, sistem pendidikan dituntut untuk menghasilkan lulusan yang mampu mengenali masalah, menganalisis akar penyebab, merancang solusi kreatif, serta mengevaluasi dampaknya secara reflektif. Inilah esensi dari pembelajaran berbasis *problem solving*, sebuah pendekatan yang kini menjadi orientasi baru dalam desain pembelajaran, khususnya di sekolah vokasi seperti SMK.

*Problem solving* tidak hanya relevan dengan dunia kerja, tetapi merupakan *kompetensi dasar kehidupan*. Kemampuan ini melibatkan kombinasi antara pengetahuan konseptual, strategi kognitif, keterampilan berpikir kritis, dan pengambilan keputusan berbasis nilai. Dalam kerangka kerja OECD (2019), *problem solving* disebut sebagai "*core life competence*" yang melibatkan dimensi berpikir sistemik, adaptif, dan reflektif. Artinya, seseorang tidak hanya dituntut untuk menemukan jawaban benar, tetapi mampu menyusun proses penyelesaian yang berdampak dan berkelanjutan.

Dalam konteks SMK, problem solving sangat dekat dengan kebutuhan dunia kerja dan tantangan real life project. Siswa tidak cukup hanya menguasai prosedur atau teknik kerja, tetapi harus mampu *menavigasi situasi tidak terduga*, memecahkan persoalan teknis dan sosial di lapangan, serta bekerja dalam tim untuk menghasilkan solusi yang layak dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pembelajaran di SMK yang masih dominan berbasis ceramah dan latihan rutin perlu bertransformasi menjadi pembelajaran berbasis masalah dan tantangan nyata (real-world challenges).

Salah satu model yang efektif untuk membangun kemampuan ini adalah Project-Based Learning (PjBL), di mana siswa belajar melalui pengembangan solusi atas persoalan tertentu dalam bentuk proyek kolaboratif. PjBL memungkinkan guru merancang skenario belajar yang kompleks, kontekstual, dan multidisipliner. Penelitian Thomas (2000) menyatakan bahwa penerapan PjBL secara konsisten dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, kolaborasi tim, literasi teknologi, dan motivasi belajar siswa. Di SMK, PjBL bisa diintegrasikan melalui mata pelajaran produktif maupun mata pelajaran umum, bahkan dikaitkan dengan program *teaching factory* dan kegiatan PKL (Praktik Kerja Lapangan).

Lebih lanjut, kemampuan problem solving dapat diperkuat melalui penggunaan pendekatan Design Thinking, sebuah metodologi inovasi yang berorientasi pada empati dan eksplorasi solusi kreatif. Model ini terdiri dari lima tahap: empati, definisi masalah, ideasi, prototipe, dan pengujian. Dalam konteks pembelajaran, design thinking memungkinkan siswa terlibat dalam proses eksploratif yang mendorong kreativitas, analisis, dan iterasi. Tim Brown (2009), tokoh utama dalam pengembangan design thinking, menekankan bahwa pendekatan ini sangat cocok untuk konteks pendidikan yang menekankan pada inovasi dan solusi berdampak.

Untuk dapat mengimplementasikan orientasi problem solving secara efektif, guru perlu merancang aktivitas belajar yang terbuka, kompleks, dan berbasis tantangan. Kegiatan seperti simulasi permasalahan industri, studi kasus, role play pelanggan teknis, proyek pembuatan produk sederhana, atau eksperimen terbuka menjadi media yang tepat untuk membangun keterampilan ini. Selain itu, guru perlu mengadopsi strategi tanya jawab yang berbobot analitik, membimbing siswa dalam menyusun langkah kerja,

serta membangun budaya kelas yang menghargai kesalahan sebagai bagian dari proses belajar.

Namun orientasi problem solving bukan semata mata metode. Ia merupakan sebuah *mindset* yang perlu dimiliki oleh guru dan siswa. Mindset ini berangkat dari keyakinan bahwa setiap masalah memiliki solusi potensial, dan setiap siswa memiliki kapasitas untuk menciptakan solusi asal difasilitasi dengan pembelajaran yang tepat. Oleh karena itu, guru perlu mendorong siswa untuk *bertanya, mengeksplorasi alternatif, membandingkan pendekatan, dan merefleksikan hasil*. Pembelajaran semacam ini tidak hanya menumbuhkan kemampuan intelektual, tetapi juga keberanian mengambil keputusan dan tanggung jawab sosial.

Problem solving juga berkaitan erat dengan literasi digital dan koding, terutama dalam konteks industri 4.0 dan society 5.0. Dalam dunia kerja digital, pemecahan masalah tidak terlepas dari pengolahan data, pemrograman sistem, atau penyusunan alur logika. Maka, mengenalkan logika algoritmik melalui aktivitas koding sederhana seperti membuat flowchart produksi, simulasi Arduino, atau animasi digital menjadi pendekatan strategis dalam menumbuhkan *computational thinking* yang terintegrasi dengan problem solving.

Aspek lain yang penting dalam orientasi ini adalah penilaian proses berpikir siswa. Guru perlu mengembangkan rubrik penilaian yang tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada *strategi penyelesaian masalah, kemampuan bekerja dalam tim, pemanfaatan sumber daya, serta refleksi personal*. Dengan demikian, siswa belajar untuk bertanggung jawab atas prosesnya, dan bukan semata-mata mengejar nilai.

Dalam kerangka kebijakan pendidikan nasional, orientasi problem solving juga sejalan dengan arah *Profil Pelajar Pancasila*, yang menempatkan kemandirian, gotong royong, dan berpikir kritis sebagai bagian dari kompetensi utama. Pembelajaran berbasis pemecahan masalah juga menjadi inti dari pendekatan *Merdeka Belajar*, yang memberikan kebebasan guru untuk merancang pembelajaran bermakna berdasarkan konteks lokal dan karakteristik peserta didik.

Akhirnya, menjadikan problem solving sebagai orientasi baru pembelajaran adalah langkah strategis untuk menyiapkan siswa SMK yang tidak hanya *siap kerja*, tetapi *siap hidup* mampu mengambil keputusan, menciptakan solusi, dan beradaptasi dalam situasi yang terus berubah. Di sinilah guru berperan bukan hanya sebagai penyampai ilmu, tetapi sebagai arsitek pengalaman belajar yang transformatif. Ketika pembelajaran berangkat dari masalah, siswa tidak sekadar belajar untuk ujian, tetapi belajar untuk kehidupan.

## F. Kecakapan Masa Depan dan Peta Kompetensi Guru SMK

Di tengah disrupsi sosial-teknologis dan pergeseran lanskap dunia kerja global, sistem pendidikan khususnya pendidikan vokasi dituntut untuk melahirkan generasi yang memiliki kecakapan masa depan (*future skills*). Kecakapan ini bukan hanya berupa kemampuan teknis sempit, melainkan kumpulan kompetensi kompleks yang mencakup keterampilan kognitif tingkat tinggi, literasi digital, kapasitas sosial emosional, dan daya adaptif lintas sektor. Dalam konteks ini, guru SMK memegang peran kunci sebagai *arsitek kompetensi masa depan*, bukan sekadar pelatih keterampilan kerja.

World Economic Forum (2023) menyebutkan bahwa lima keterampilan terpenting di tahun 2025–2030 adalah: *analytical thinking*, *creative thinking*, *self-efficacy*, *technological literacy*, dan *resilience*. Laporan tersebut menegaskan bahwa perubahan begitu cepat sehingga keterampilan yang diajarkan hari ini belum tentu relevan dalam lima tahun ke depan. Oleh karena itu, orientasi pendidikan harus bergeser dari sekadar mentransfer pengetahuan menjadi proses membentuk *manusia pembelajar sepanjang hayat*.

Guru SMK harus menjadi agen penggerak utama dalam membekali peserta didik dengan kecakapan masa depan tersebut. Namun untuk itu, guru sendiri perlu mengembangkan kompetensi yang sesuai dengan tantangan zaman. Kompetensi guru bukan lagi hanya didefinisikan dari penguasaan konten dan metodologi, tetapi juga dari kemampuan mentransformasi pembelajaran, mengintegrasikan teknologi, berpikir desain, serta membangun koneksi antara kelas dan realitas industri.

Untuk itu, perlu dirumuskan peta kompetensi guru SMK yang mencerminkan kebutuhan masa depan, dengan tiga lapisan utama:

### 1. Kompetensi Fundamental: Dasar Profesionalisme

Kompetensi ini mencakup kemampuan pedagogik, kepribadian, sosial, dan profesional yang selama ini menjadi bagian dari standar nasional pendidikan guru (Permendiknas No. 16/2007). Kompetensi ini tetap penting sebagai fondasi etis dan profesional, termasuk:

- a. Penguasaan kurikulum dan materi ajar
- b. Kemampuan mengelola kelas dan asesmen
- c. Komunikasi efektif dan relasi dengan siswa
- d. Integritas, disiplin, serta tanggung jawab sosial

Meski tampak konvensional, kompetensi ini menjadi penyangga agar guru mampu menjaga kualitas pembelajaran yang bermartabat dan sesuai dengan karakter peserta didik SMK.

### 2. Kompetensi Transformatif: Penggerak Pembelajaran Abad 21

Kompetensi transformatif adalah kemampuan guru untuk mentransformasikan pembelajaran menjadi relevan, kontekstual, dan kolaboratif. Kompetensi ini memungkinkan guru menghadirkan pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan materi, tetapi membentuk karakter dan cara berpikir kritis siswa. Kompetensi ini meliputi:

- a. Kemampuan menerapkan pendekatan STEAM dan *project-based learning*
- b. Penguasaan kerangka TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) dalam merancang pembelajaran digital
- c. Literasi media dan digital, termasuk penggunaan LMS, alat kolaborasi daring, dan aplikasi kreatif
- d. Kemampuan memfasilitasi pembelajaran berbasis problem solving, simulasi industri, dan desain berpikir

Dengan kompetensi ini, guru mampu menjadi fasilitator yang menyatu dengan dinamika kelas, dan mendesain pengalaman belajar yang bermakna dan menantang.

### 3. Kompetensi Inovatif: Pencipta Ekosistem Pembelajaran Masa Depan

Kompetensi ini merupakan level tertinggi, di mana guru tidak hanya mampu mengelola dan mengadaptasi pembelajaran, tetapi menciptakan inovasi sistemik yang memberi dampak luas. Ini mencakup:

1. Kemampuan mengembangkan produk inovatif pembelajaran: modul digital, prototipe alat praktik, video tutorial, RPP berbasis AI atau coding
2. Keterlibatan dalam action research atau penelitian tindakan untuk perbaikan berkelanjutan
3. Membangun kemitraan strategis dengan industri, universitas, atau komunitas belajar
4. Mampu menginisiasi program kolaboratif lintas keahlian (misal: proyek otomotif x desain x digital marketing)
5. Kemampuan reflektif dan kepemimpinan dalam komunitas profesi guru (MGMP, forum vokasi, pelatihan sejawat)

Kompetensi inovatif ini menempatkan guru SMK sebagai co-creator pendidikan vokasi berbasis masa depan, bukan sekadar pelaksana teknis kurikulum.

### 4. Implikasi Aplikatif di Sekolah

1. Mapping Kompetensi Guru: Kepala sekolah dan tim pengembang kurikulum perlu memetakan posisi kompetensi guru saat ini berdasarkan tiga lapisan tersebut.
2. Perencanaan Pelatihan Berbasis Peta: Pelatihan tidak lagi satu arah, tetapi bersifat modular, *differentiated*, dan berbasis kebutuhan masing-masing guru.
3. Mentoring & Coaching: Guru senior yang telah mengembangkan kompetensi inovatif dapat menjadi mentor bagi rekan sejawat. Ini mendorong kultur *sharing and growing together*.
4. Inisiatif Mikro-Inovasi: Guru diberikan ruang dan insentif untuk membuat proyek inovasi kecil yang berdampak di kelas dan bisa direplikasi.
5. Digital Portofolio Guru: Guru mulai membangun jejak profesional digitalnya berisi RPP digital, video ajar, hasil asesmen autentik, dan refleksi praktik baik.

Kecakapan masa depan bukan sekadar tanggung jawab siswa, tetapi bermula dari kualitas guru hari ini. Ketika guru SMK memiliki peta kompetensi yang terarah dan progresif, maka mereka akan menjadi motor penggerak transformasi sekolah vokasi yang berdaya, berani, dan berdampak. Di tengah zaman yang berubah cepat, guru bukan hanya dituntut *menguasai konten*, tetapi *menggerakkan masa depan*.

## G. Kesimpulan dan Arah Transformasi

Transformasi pendidikan di era Society 5.0 bukan sekadar adaptasi terhadap kemajuan teknologi, melainkan perubahan paradigma dalam memahami fungsi pendidikan dan peran guru. Pembelajaran tidak lagi berpusat pada guru sebagai satu-satunya sumber pengetahuan, tetapi menjadi ekosistem yang dinamis, partisipatif, dan terhubung dengan kehidupan nyata. SMK sebagai tulang punggung pendidikan vokasi harus mampu menjawab tantangan ini melalui terobosan kurikulum, strategi pembelajaran, dan kompetensi guru yang futuristik.

Dari uraian sebelumnya, terlihat jelas bahwa konsep Society 5.0 menuntut hadirnya manusia yang mampu *mengendalikan teknologi untuk kemaslahatan sosial*. Guru SMK bukan hanya dituntut untuk mengikuti perkembangan teknologi, tetapi juga menjadi navigator yang mengarahkan teknologi pada tujuan pembelajaran yang bermakna. Evolusi pembelajaran dari 1.0 hingga 5.0 mencerminkan loncatan filosofis dalam dunia pendidikan dari pembelajaran berbasis hafalan menuju pembelajaran berbasis kreasi dan solusi.

Esensi revolusi pendidikan vokasi terletak pada kemampuan sekolah untuk menjembatani kebutuhan industri dengan karakteristik peserta didik generasi Z dan Alpha. Guru vokasi tidak bisa lagi bekerja secara linier dan parsial, melainkan harus memiliki mindset inovatif, berpikir sistemik, dan membangun koneksi antara kompetensi teknis dan kecakapan hidup. Dalam konteks ini, guru bukan hanya pengajar, tetapi *co-creator* transformasi.

Keberadaan guru sebagai agen perubahan dalam dunia disrupsi menjadi semakin strategis. Mereka tidak cukup hanya menguasai teori dan metodologi, tetapi juga harus menjadi pembelajar adaptif yang terus mengasah kemampuan dalam mengelola

ketidakpastian, keragaman, dan tantangan yang kompleks. Guru masa depan harus cakap dalam membaca data, menyusun strategi, dan menciptakan ruang belajar yang mendorong eksplorasi dan refleksi.

Pendekatan *problem solving* menjadi titik balik penting dalam proses pembelajaran. Tidak hanya memperkuat daya analitis dan kreativitas siswa, namun juga membentuk karakter resilien dan solutif yang dibutuhkan dalam dunia kerja dan kehidupan sosial. Ini berarti guru harus mampu merancang pembelajaran yang tidak hanya memberi jawaban, tetapi juga membangkitkan pertanyaan.

Peta kompetensi guru SMK masa depan telah dipetakan dalam tiga lapisan: fundamental, transformatif, dan inovatif. Ketiganya harus berjalan simultan dan bersifat progresif. Kompetensi fundamental tetap penting sebagai landasan etik dan profesional, tetapi hanya dengan penguasaan kompetensi transformatif dan inovatif, guru dapat benar-benar menjadi aktor strategis dalam menghadirkan pembelajaran revolusioner.

Arah transformasi pendidikan SMK ke depan harus difokuskan pada lima langkah strategis:

1. Digitalisasi pembelajaran dan kurikulum berbasis TPACK dan STEAM.
2. Penguatan literasi teknologi dan koding di level guru dan siswa.
3. Pengembangan ekosistem pembelajaran kolaboratif yang melibatkan industri, komunitas, dan dunia digital.
4. Peningkatan kualitas pelatihan dan sertifikasi guru berbasis kebutuhan masa depan.
5. Pembangunan budaya reflektif dan inovatif di dalam sekolah.

Transformasi pendidikan tidak bisa terjadi dengan hanya menambah perangkat keras atau software. Ia membutuhkan *perubahan cara berpikir, model kepemimpinan, dan sikap mental kolektif* yang terbuka terhadap pembaruan. Dalam kerangka ini, guru menjadi pusat orbit perubahan menggerakkan inovasi, menginspirasi siswa, dan menciptakan masa depan.

Bab ini menjadi fondasi penting dalam memahami konteks perubahan. Di bab-bab selanjutnya, kita akan menggali lebih dalam mengenai strategi konkret dalam mengimplementasikan STEAM, TPACK, dan koding secara terintegrasi di kelas-kelas

SMK, serta bagaimana peran guru dapat diperkuat melalui pelatihan, desain pembelajaran, dan kerja kolaboratif.

Dengan pemahaman ini, maka langkah revolusioner dapat dimulai bukan di ruang sidang, bukan di konferensi, tetapi di ruang kelas dan bengkel kerja, bersama guru-guru hebat yang siap menjadi penggerak zaman.

## BAB 2

### PARADIGMA SMK SEBAGAI PUSAT INOVASI DAN HUMANISTIK

Di tengah turbulensi dunia kerja, disrupsi teknologi, dan desakan akan kompetensi masa depan, SMK berdiri di titik krusial sejarah pendidikan Indonesia. Tidak cukup lagi bagi SMK hanya menghasilkan lulusan terampil secara teknis; saat ini, dunia menuntut lebih: lulusan yang adaptif, kreatif, kolaboratif, dan memiliki karakter kuat sebagai *problem solver*. Untuk itu, transformasi SMK tidak hanya menyentuh kurikulum dan peralatan bengkel, tetapi menyentuh paradigma paling mendasar tentang bagaimana kita memahami manusia, pembelajaran, dan masa depan.

Bab ini mengajak kita meninjau ulang SMK bukan sebagai institusi pelatihan kerja semata, tetapi sebagai pusat inovasi pembelajaran dan pemanusiaan peserta didik. Konsep revolusi pembelajaran 5.0 mendorong SMK menjadi episentrum kolaborasi antar pihak antara guru, industri, komunitas, dan teknologi. Dalam semangat ini, pendekatan STEAM dan TPACK tidak hanya dipahami sebagai kerangka teknis, tetapi sebagai jembatan untuk menjadikan pembelajaran lebih kontekstual, personal, dan bermakna.

Guru SMK kini tidak hanya dituntut menguasai teknologi dan konten keahlian, tetapi juga membentuk ekosistem pembelajaran yang memanusiakan, memberdayakan, dan mendorong transformasi sosial. Di sinilah misi humanistik SMK menjadi relevan: bahwa pendidikan vokasi tidak sekadar menyiapkan tenaga kerja, melainkan membentuk insan pembelajar sepanjang hayat yang siap hidup bermakna di tengah kompleksitas zaman.

Bab ini akan membedah secara sistematis enam aspek utama: mulai dari visi baru SMK yang berorientasi kolaborasi, realitas pendidikan vokasi dalam era digitalisasi dan otomasi, profil ideal lulusan SMK yang menjadi *problem solver* sekaligus kreator, karakteristik pembelajaran revolusioner, kesiapan guru menghadapi masa depan, hingga manajemen perubahan kurikulum yang mensyaratkan guru tampil sebagai inovator.

Transformasi SMK tidak bisa ditunda. Ia harus dimulai dari sekarang, dari dalam kelas, dan dari paradigma setiap guru yang percaya bahwa sekolah kejuruan bisa menjadi mercusuar kemajuan bangsa bukan sekadar terminal kerja, tetapi *titik tolak peradaban*.

#### A. Visi Baru SMK: Dari Vokasi ke Kolaborasi

Selama bertahun-tahun, SMK dipahami dalam koridor yang sempit: sebagai pabrik tenaga kerja teknis siap pakai. Orientasi ini berakar dari paradigma pendidikan era industri yang menekankan efisiensi, spesialisasi, dan produktivitas kerja sebagai parameter utama keberhasilan pendidikan vokasi. Namun, memasuki era Society 5.0 dan revolusi industri 4.0, orientasi ini tidak lagi memadai. Dunia kerja kini menuntut lebih dari sekadar keterampilan teknis: dibutuhkan kolaborasi, fleksibilitas, kecakapan lintas bidang, dan kompetensi kognitif tingkat tinggi. Oleh karena itu, SMK harus menggeser visinya dari “vokasi sebagai pelatihan kerja teknis” menuju “kolaborasi sebagai basis transformasi pembelajaran dan inovasi”.

Dukungan terhadap visi kolaboratif ini dapat ditemukan dalam berbagai literatur mutakhir. Menurut *OECD Future of Education and Skills 2030 Report (2021)*, pendidikan abad ke-21 harus membekali peserta didik dengan kemampuan “creating new value, reconciling tensions and dilemmas, and taking responsibility” yang hanya dapat dikembangkan dalam ekosistem pembelajaran kolaboratif. Hal ini diperkuat oleh laporan *World Economic Forum (2023)* yang menyebutkan bahwa 6 dari 10 keterampilan utama di dunia kerja tahun 2025 adalah keterampilan kolaboratif dan kognitif, seperti *problem solving, critical thinking, leadership, dan technology use*.

Visi baru ini menghendaki perubahan pada *DNA SMK* itu sendiri yakni dalam kurikulum, pendekatan pembelajaran, peran guru, serta cara membangun koneksi antara sekolah dan dunia luar. Kurikulum yang semula berorientasi tunggal pada kompetensi keahlian perlu ditransformasikan menjadi kurikulum berbasis *problem-based learning, project-based learning, dan interdisciplinary collaboration*. Dalam skema ini, siswa SMK bukan hanya peserta pelatihan, tetapi *co-creator* dalam penciptaan solusi kontekstual terhadap persoalan riil yang dihadapi komunitas atau industri.

Kolaborasi dalam konteks SMK mencakup tiga poros utama. Pertama, kolaborasi internal lintas program keahlian di dalam sekolah, misalnya antara program akuntansi dengan teknik komputer dalam pengembangan sistem keuangan digital. Kedua, kolaborasi eksternal dengan industri dan dunia kerja, yang tidak lagi bersifat relasi hierarkis (sekolah sebagai pencari mitra industri), melainkan relasi kemitraan yang setara di mana sekolah dan industri saling belajar dan berbagi sumber daya. Ketiga, kolaborasi dengan komunitas dan ekosistem digital, seperti platform pembelajaran daring, komunitas open-source, dan jejaring kewirausahaan.

Dalam implementasi, paradigma kolaborasi ini mendorong perubahan pola pikir guru dan manajemen sekolah. Guru tidak cukup menjadi fasilitator belajar, tetapi juga berperan sebagai integrator jaringan menghubungkan siswa dengan mentor industri, komunitas kreatif, dan teknologi terkini. Di sinilah pentingnya penguasaan pendekatan TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) dan integrasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) agar guru mampu merancang pembelajaran yang kompleks, kontekstual, dan lintas disiplin.

Sebagai contoh konkret, SMK Negeri 26 Jakarta menerapkan model *Collaborative Innovation Project* antara jurusan Desain Komunikasi Visual dan Teknik Komputer Jaringan untuk membuat media promosi digital UMKM binaan sekolah. Proyek ini tidak hanya membangun keterampilan desain dan coding, tetapi juga menumbuhkan empati sosial, komunikasi lintas tim, dan orientasi kewirausahaan. Data internal sekolah menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil asesmen kolaborasi dan kreativitas siswa setelah menjalani program ini selama dua semester.

Transformasi visi ini juga menuntut penguatan peran kepala sekolah sebagai pemimpin kolaboratif. Kepala sekolah harus mampu membangun budaya partisipatif, mendukung inovasi guru, serta menciptakan sistem manajemen berbasis jejaring. Hal ini selaras dengan temuan Fullan & Hargreaves (2016) bahwa perubahan pendidikan yang berkelanjutan hanya dapat terjadi jika dipimpin oleh figur yang mampu mengorkestrasi kolaborasi antaraktor pendidikan.

Sebagai bentuk perwujudan konkret, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia telah meluncurkan program SMK Pusat Keunggulan (SMK PK) yang

menekankan *link and match* 8+i, salah satunya adalah “kolaborasi pembelajaran dengan DUDI” dan “proyek riil sebagai bagian dari kurikulum.” Ini adalah pengakuan institusional terhadap pentingnya transformasi kolaboratif sebagai orientasi baru SMK.

Namun, perubahan visi tidak akan bermakna tanpa transformasi praksis. Guru SMK perlu mendapatkan pelatihan yang tidak hanya berbasis teknologi, tetapi juga mengembangkan *soft competencies* seperti komunikasi lintas budaya, desain kolaboratif, dan kepemimpinan partisipatif. Pelatihan model coaching-mentoring, *teacher learning community*, dan *action research* berbasis kolaborasi lintas bidang harus menjadi bagian dari strategi pengembangan profesional yang berkelanjutan.

Dengan menggeser paradigma dari vokasi ke kolaborasi, SMK tidak hanya mempersiapkan siswa untuk dunia kerja hari ini, tetapi membentuk *pembelajar adaptif yang siap menghadapi masa depan yang belum pasti*. Di sinilah letak urgensi dan nilai strategis dari visi baru ini. Vokasi tetap penting, tetapi kolaborasi adalah jiwanya. SMK masa depan bukanlah menara gading keahlian, melainkan jembatan pengetahuan yang hidup terhubung dengan industri, masyarakat, dan nilai-nilai kemanusiaan.

## B. Pendidikan Vokasi di Era Digitalisasi dan Otomasi

Pendidikan vokasi kini berada dalam titik balik peradaban. Bukan hanya karena cepatnya perubahan teknologi, tetapi karena semakin tipisnya batas antara dunia kerja, dunia pendidikan, dan dunia digital. Di era digitalisasi dan otomasi, SMK tidak lagi berkompetisi hanya dengan sekolah lain, melainkan dengan algoritma, robot, dan kecerdasan buatan yang mampu menyelesaikan pekerjaan teknis secara lebih efisien dan presisi. Maka tantangannya bukan hanya bagaimana SMK menyiapkan lulusan terampil, tetapi bagaimana menyiapkan lulusan yang tetap relevan dan tak tergantikan oleh mesin.

Laporan McKinsey Global Institute (2021) memperkirakan bahwa sekitar 30–40% jenis pekerjaan di sektor manufaktur dan administrasi yang selama ini menjadi area unggulan SMK akan tergantikan oleh otomasi dan AI pada 2030. Hal ini menuntut redefinisi menyeluruh terhadap kurikulum, pendekatan pembelajaran, dan profil lulusan SMK. Pendidikan vokasi tidak bisa lagi berorientasi pada keahlian tetap (*fixed skills*),

melainkan pada keahlian adaptif (*transferable skills*) yang memungkinkan siswa berpindah lintas bidang dan peran.

Digitalisasi tidak hanya menciptakan disrupsi, tetapi juga membuka peluang besar. Dengan pemanfaatan teknologi digital, guru SMK dapat mengakses sumber belajar global, mengembangkan konten ajar interaktif, dan menyelenggarakan pembelajaran berbasis simulasi dan augmented reality. Inilah saatnya SMK memanfaatkan teknologi bukan hanya sebagai alat bantu, tetapi sebagai ekosistem pembelajaran yang integral, dinamis, dan responsif terhadap perubahan industri.

Kurikulum SMK yang relevan di era ini harus mengintegrasikan komponen *digital literacy, computational thinking, coding, dan big data awareness* dalam semua bidang keahlian. Misalnya, siswa akuntansi tidak cukup hanya menguasai pembukuan manual, tetapi harus memahami otomatisasi keuangan berbasis aplikasi seperti MYOB, Accurate, atau bahkan ERP berbasis cloud. Siswa perhotelan perlu familiar dengan sistem reservasi digital, chatbot pelayanan pelanggan, hingga manajemen reputasi daring.

Salah satu prinsip penting dalam desain kurikulum vokasi masa kini adalah *technology-enhanced human skills*. Artinya, siswa bukan diajarkan untuk bersaing dengan teknologi, melainkan berkolaborasi dan mengendalikannya. Dalam ranah teknik otomotif, siswa tidak sekadar diajari memperbaiki mesin manual, tetapi diajarkan memahami teknologi IoT (Internet of Things) dalam sistem kendaraan pintar. Inilah wujud pendidikan vokasi yang berorientasi masa depan.

Guru vokasi kini dituntut untuk menjadi *tech embedded educator* pendidik yang mampu mengintegrasikan teknologi secara pedagogis, bukan sekadar mengikuti tren. Pendekatan TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) menjadi alat penting dalam memastikan bahwa guru tidak hanya melek teknologi, tetapi mampu menyelaraskannya dengan isi materi dan metode mengajar yang tepat guna.

Dalam praktiknya, digitalisasi menuntut pembelajaran yang fleksibel, adaptif, dan personal. Model blended learning, flipped classroom, dan project-based learning menjadi lebih relevan dibandingkan model klasikal yang seragam. Guru SMK dapat memanfaatkan Learning Management System (LMS) seperti Moodle, Google Classroom,

atau bahkan platform lokal seperti Rumah Belajar untuk mengelola proses belajar yang interaktif, tersistem, dan terdokumentasi dengan baik.

Pendidikan vokasi di era otomasi harus menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses belajar. Ini berarti pembelajaran tidak hanya bersifat instruksional, tetapi konstruksional mendorong siswa mencipta, bereksperimen, dan memecahkan masalah nyata. Proyek-proyek berbasis kebutuhan industri lokal, tantangan lingkungan, atau bahkan simulasi bisnis digital dapat digunakan sebagai media untuk membangun kompetensi yang berdaya pakai tinggi.

Di era ini, pemetaan kebutuhan industri menjadi sangat dinamis. Kompetensi yang hari ini dibutuhkan bisa jadi usang tahun depan. Oleh karena itu, SMK perlu membangun sistem *continuous curriculum updating* melibatkan DUDI, asosiasi profesi, alumni, dan data pasar kerja digital sebagai referensi dalam merancang isi kurikulum. SMK yang tanggap terhadap sinyal perubahan akan menjadi pionir dalam menghasilkan lulusan yang relevan dan kompetitif.

Transformasi digital dalam pendidikan vokasi juga menuntut kepemimpinan sekolah yang visioner dan adaptif. Kepala sekolah perlu memfasilitasi pelatihan guru dalam bidang digitalisasi, menganggarkan investasi pada perangkat dan konektivitas, serta menjalin kemitraan dengan penyedia teknologi untuk mendukung pembelajaran berbasis digital. Tanpa dukungan struktural, guru akan kesulitan berinovasi di ruang kelas.

Di sisi lain, pendidikan vokasi di era ini tak bisa lepas dari tantangan digital divide. Tidak semua sekolah memiliki akses internet stabil, perangkat memadai, atau SDM yang siap. Pemerintah dan pemangku kepentingan perlu hadir lebih aktif dalam memastikan bahwa digitalisasi tidak menciptakan jurang baru dalam kualitas pendidikan vokasi antarwilayah.

Pendidikan vokasi di era otomasi juga harus menanamkan nilai-nilai humanistik. Dalam masyarakat yang semakin didominasi oleh interaksi mesin, nilai empati, tanggung jawab, komunikasi, dan etika justru menjadi pembeda utama. Oleh karena itu,

pembelajaran vokasi yang memanusiakan siswa melalui diskusi reflektif, kolaborasi tim, dan literasi nilai perlu dikembangkan secara sadar dalam kurikulum.

Integrasi prinsip STEAM dalam pendidikan vokasi menjadi strategi penting untuk menjembatani keahlian teknis dengan kepekaan seni, sosial, dan nilai. Misalnya, dalam pembelajaran desain grafis, siswa tidak hanya dituntut mahir software editing, tetapi juga belajar menyampaikan pesan visual yang etis, inklusif, dan berdampak sosial. Ini adalah bentuk literasi digital yang utuh.

Salah satu contoh implementasi nyata adalah program *SMK Coding Indonesia* yang dirintis oleh beberapa SMK Pusat Keunggulan. Program ini tidak hanya mengajarkan siswa tentang bahasa pemrograman Python atau HTML, tetapi juga menanamkan pola pikir algoritmis dan literasi digital yang bisa diterapkan dalam lintas sektor pekerjaan. Hasil evaluasi program ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam minat belajar dan kemampuan berpikir logis siswa.

Di masa depan, pendidikan vokasi harus menjadi pusat inovasi lokal mengembangkan solusi berbasis teknologi yang relevan dengan konteks komunitas sekitar. SMK bidang pertanian bisa menggunakan sensor IoT untuk irigasi pintar; SMK teknik bisa membuat prototype smart home; SMK bisnis bisa mengelola e-commerce lokal. Semua ini hanya mungkin terjadi jika sekolah mengadopsi paradigma digital secara menyeluruh.

Kunci dari semua perubahan ini adalah mindset pembelajar sepanjang hayat. Guru dan siswa SMK harus menyadari bahwa belajar bukan lagi soal mengejar nilai, tetapi membangun kapasitas diri yang terus berkembang. Adaptabilitas, literasi digital, dan keingintahuan menjadi mata uang utama dalam bertahan dan berkembang di dunia yang terus berubah.

Akhirnya, pendidikan vokasi yang berdaya di era digital dan otomasi adalah pendidikan yang tidak terjebak pada masa lalu, tetapi juga tidak hanyut oleh arus teknologi tanpa arah. Ia adalah pendidikan yang sadar konteks, berbasis nilai, dan berorientasi masa depan di mana SMK menjadi rumah bagi pembelajar sejati yang siap menciptakan dunia yang lebih cerdas dan manusiawi.

### C. Profil Lulusan SMK: Problem Solver, Creator, dan Kolaborator

Lulusan SMK hari ini tidak lagi cukup hanya memiliki keterampilan kerja teknis. Dunia kerja yang terus berubah dan masyarakat yang semakin kompleks menuntut profil lulusan yang jauh lebih komprehensif yakni individu yang mampu memecahkan masalah, menciptakan solusi baru, dan berkolaborasi lintas bidang serta budaya. SMK masa depan harus secara sadar membentuk profil lulusan yang bukan hanya siap kerja, tetapi juga *siap hidup dan siap berkontribusi secara strategis*.

Dalam laporan *OECD Learning Compass 2030 (2020)*, disebutkan bahwa sistem pendidikan masa kini harus menyiapkan siswa menjadi *transformative learners* yakni mereka yang mampu menghadapi ketidakpastian, berpikir kritis, kreatif, dan berkolaborasi dalam menyelesaikan tantangan global. Konsep ini sangat relevan untuk SMK, yang dalam ekosistemnya bersentuhan langsung dengan realitas industri dan sosial.

Profil problem solver dalam konteks lulusan SMK berarti individu yang tidak hanya bisa menjalankan instruksi teknis, tetapi juga mampu mengidentifikasi masalah, menganalisis akar penyebab, dan menawarkan solusi praktis berbasis data dan logika. Ini mencerminkan kompetensi kognitif tinggi, yang harus diasah melalui pendekatan pembelajaran berbasis proyek, studi kasus, dan simulasi dunia nyata.

Guru SMK memiliki peran sentral dalam mengembangkan kecakapan ini. Salah satunya dengan menerapkan *design thinking* dalam proses pembelajaran, yakni pendekatan iteratif yang dimulai dari empati, definisi masalah, ideasi, prototipe, dan pengujian. Melalui metode ini, siswa tidak hanya “belajar untuk tahu”, tetapi “belajar untuk menyelesaikan”. Misalnya, siswa jurusan tata boga diberi tantangan membuat produk makanan lokal inovatif yang bisa dijual secara digital dengan mempertimbangkan aspek gizi, biaya, dan branding.

Selain sebagai pemecah masalah, lulusan SMK juga harus berperan sebagai creator. Dalam hal ini, “mencipta” tidak terbatas pada produk atau teknologi, tetapi juga mencakup ide, konsep, dan model baru yang bernilai. Pendidikan vokasi harus mendorong siswa menjadi *value creator*, bukan hanya *job seeker*. Ini relevan dengan

pendekatan *entrepreneurial education*, yang kini menjadi bagian dari transformasi kurikulum SMK Merdeka.

Konsep *creator* menekankan pada pembentukan karakter wirausaha, kemandirian berpikir, dan keberanian mencoba hal baru. Guru dapat memfasilitasi dengan kegiatan seperti *student business incubator*, lomba inovasi, proyek *entrepreneurial showcase*, hingga kolaborasi dengan platform e-commerce lokal. Pengalaman-pengalaman ini memperkuat mental pencipta, yang kelak akan sangat berharga di tengah pasar kerja yang dinamis dan kompetitif.

Sementara itu, profil kolaborator merupakan kebutuhan mutlak di era lintas disiplin dan globalisasi. Dunia kerja bukan lagi tempat bagi pekerja individualistis, melainkan medan kerja tim, multidisiplin, dan lintas budaya. Lulusan SMK harus dibekali kemampuan komunikasi, empati, adaptasi budaya, dan sinergi dalam tim. Kompetensi ini bisa dibangun melalui pembelajaran berbasis tim, kolaborasi lintas jurusan, serta praktik kerja industri.

Di SMK, kolaborasi dapat dimulai sejak dini misalnya lewat proyek antarjurusan seperti siswa teknik kendaraan ringan berkolaborasi dengan jurusan desain grafis untuk membuat prototipe dan promosi kendaraan listrik mini. Dalam kolaborasi ini, setiap siswa belajar saling memahami perspektif bidang lain, belajar menyatukan ide, dan menyelesaikan konflik dengan komunikasi terbuka.

Menurut penelitian dari Partnership for 21st Century Skills (P21, 2022), keterampilan kolaboratif merupakan indikator penting dari kesiapan kerja dan produktivitas masa depan. Hal ini diperkuat oleh hasil survei LinkedIn Workplace Learning Report (2023) yang menunjukkan bahwa *collaboration*, *teamwork*, dan *interpersonal communication* termasuk dalam lima besar soft skills yang paling dicari perusahaan global.

Penting untuk dicatat bahwa ketiga profil ini *problem solver*, *creator*, dan kolaborator bukanlah entitas terpisah, melainkan saling berkelindan dan memperkuat. Seseorang yang mampu menyelesaikan masalah akan semakin bernilai jika juga mampu menciptakan ide baru, dan semua itu hanya bisa berhasil jika ia mampu bekerja bersama

orang lain. Oleh karena itu, pembelajaran di SMK harus dirancang sebagai ruang pengembangan terintegrasi dari tiga kapasitas utama tersebut.

Untuk itu, sistem asesmen juga perlu disesuaikan. Asesmen SMK tidak cukup hanya mengukur keterampilan teknis (*hard skill*), tetapi juga harus menilai bagaimana siswa merancang solusi, mempresentasikan gagasan, bekerja dalam tim, serta merefleksikan pembelajaran. Model asesmen autentik seperti *rubrik proyek*, *portfolio digital*, dan *self-peer assessment* menjadi pendekatan yang ideal untuk mengukur keberhasilan pembentukan profil ini.

Kementerian Pendidikan, melalui program SMK PK, sebenarnya telah mendorong terbentuknya profil lulusan unggul dengan menambahkan indikator *proyek penguatan profil pelajar Pancasila* yang menekankan pada nilai gotong royong, kemandirian, dan berpikir kritis. SMK yang menerapkan program ini terbukti lebih siap dalam menghadapi tantangan kurikulum yang berfokus pada nilai dan kompetensi masa depan.

Namun demikian, tantangan implementasi tetap ada, terutama dalam hal kapasitas guru dan kesiapan sekolah dalam mengubah mindset pembelajaran dari sekadar mengejar kelulusan menjadi pembentukan profil lulusan yang utuh. Dibutuhkan pelatihan guru yang menyeluruh, pengembangan komunitas belajar guru, serta sistem pendampingan dari DUDI dan dunia pendidikan tinggi vokasi.

Maka, transformasi profil lulusan bukan sekadar narasi ideal, tetapi harus diwujudkan dalam aksi nyata, mulai dari pembelajaran di kelas hingga praktik di lapangan. Sekolah perlu menanamkan budaya inovasi dan kolaborasi, serta memberi ruang bagi siswa untuk belajar dari kesalahan, mengembangkan ide liar, dan merayakan proses belajar.

Lulusan SMK yang menjadi *problem solver*, *creator*, dan kolaborator adalah mereka yang tidak hanya siap menghadapi perubahan, tetapi mampu *memimpin perubahan*. Mereka adalah manusia pembelajar sepanjang hayat, yang tidak hanya mencari pekerjaan, tetapi menciptakan masa depan yang lebih baik untuk dirinya, komunitasnya, dan bangsanya.

Dengan profil ini, SMK akan memiliki peran strategis bukan hanya sebagai penyedia tenaga kerja, tetapi sebagai *penggerak transformasi sosial dan ekonomi*. SMK bukan lagi tempat melatih tangan bekerja, tetapi tempat membentuk otak berpikir, hati merasa, dan tangan berkarya. Maka, arah baru pendidikan vokasi bukan hanya soal kecakapan, tapi juga soal kebermaknaan.

#### D. Karakteristik Pembelajaran Revolusioner di SMK

Pembelajaran revolusioner di SMK tidak sekadar berarti “menggunakan teknologi di kelas”. Ia adalah transformasi menyeluruh terhadap cara guru mengajar, cara siswa belajar, dan cara sekolah mengelola pembelajaran. Di tengah dunia yang makin kompleks, dinamis, dan terdigitalisasi, karakteristik pembelajaran SMK harus berubah dari instruksional ke transformatif, dari satu arah ke dialogis, dari penugasan ke pemaknaan. Dalam kerangka inilah muncul kebutuhan akan desain pembelajaran yang lebih adaptif, reflektif, kolaboratif, dan humanistik.

Karakter pertama dari pembelajaran revolusioner adalah berbasis tantangan (*challenge-based learning*). Menurut Apple Education (2021), model ini menekankan proses belajar yang dimulai dari permasalahan nyata, di mana siswa didorong untuk menggali, menganalisis, dan mempresentasikan solusi secara mandiri dan kolaboratif. Di SMK, pendekatan ini cocok diterapkan melalui proyek lintas jurusan, praktik kerja industri, atau simulasi kerja berbasis teknologi. Misalnya, siswa jurusan teknik elektro menghadapi tantangan merancang sistem penerangan hemat energi untuk sekolah, dari tahap identifikasi masalah hingga pengujian hasilnya.

Karakter kedua adalah berorientasi pada pembelajaran kontekstual (*contextualized learning*). Siswa SMK belajar paling efektif ketika mereka memahami keterkaitan antara teori yang diajarkan dengan realitas dunia kerja. Teori pendidikan kontekstual (Contextual Teaching and Learning/CTL) yang dikembangkan oleh Berns & Erickson (2001) menegaskan bahwa siswa membentuk makna melalui hubungan langsung antara konten pembelajaran dan pengalaman pribadi mereka. Guru SMK dapat menyusun modul ajar yang memuat studi kasus industri lokal, kunjungan ke lapangan, hingga proyek sosial berbasis keahlian.

Karakter ketiga adalah interdisipliner dan integratif, atau dalam bahasa kontemporer disebut sebagai pendekatan *STEAM* (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics). Pendekatan ini sangat cocok di SMK karena mencerminkan dunia kerja nyata yang tidak pernah berjalan dalam satu bidang saja. Misalnya, siswa jurusan Teknik Komputer Jaringan diajak membuat aplikasi pemesanan makanan, dengan keterlibatan seni visual (UI/UX), matematika (logika pemrograman), dan manajemen bisnis (pricing dan branding). Model ini selaras dengan yang disarankan oleh Beers (2011), bahwa pembelajaran *STEAM* membentuk pemikiran sistemik dan mengembangkan literasi masa depan.

Karakter keempat adalah mengintegrasikan teknologi secara bermakna dan pedagogis. Ini bukan hanya soal menggunakan proyektor atau Google Classroom, tetapi bagaimana guru mengkombinasikan *TPACK* (Technological Pedagogical and Content Knowledge) dalam seluruh desain ajar. Mishra dan Koehler (2006) menekankan bahwa integrasi *TPACK* memungkinkan guru memahami titik temu antara teknologi, konten, dan strategi pedagogis, sehingga pembelajaran menjadi efisien, menarik, dan bermakna. Di SMK, guru perlu merancang pengalaman belajar yang menggunakan teknologi sebagai alat refleksi, eksplorasi, dan kreasi siswa bukan sekadar pengganti papan tulis.

Karakter kelima adalah berpusat pada peserta didik (*learner-centered learning*). Di era 5.0, siswa bukanlah “gelas kosong” yang harus diisi, melainkan subjek pembelajaran yang memiliki pengalaman, preferensi, dan potensi masing-masing. Teori konstruktivisme sosial Vygotsky (1978) mengajarkan pentingnya *zone of proximal development*, di mana guru berperan sebagai fasilitator dalam menjembatani potensi siswa dengan tantangan belajar yang tepat. Di SMK, guru dapat memfasilitasi melalui pembelajaran diferensiasi, mentoring individu, dan refleksi personal pascaprojek.

Karakter keenam adalah fleksibel dalam waktu, ruang, dan sumber daya. Pembelajaran revolusioner membuka kemungkinan *blended learning* dan *hybrid class*, memungkinkan siswa belajar secara sinkron maupun asinkron. Menurut survei UNESCO (2022), model *blended learning* efektif meningkatkan kehadiran, motivasi, dan retensi belajar siswa SMK, terutama saat dikombinasikan dengan pembelajaran berbasis proyek.

SMK dapat mengoptimalkan laboratorium digital, video tutorial, ruang kerja kolaboratif, dan LMS sebagai bagian dari ekosistem belajar yang cair dan adaptif.

Karakter ketujuh adalah kolaboratif dan interaktif, bukan sekadar duduk mendengarkan. Model pembelajaran kooperatif seperti Jigsaw, Team-Based Learning (TBL), dan peer-to-peer teaching perlu dihidupkan kembali di SMK. Dalam model ini, siswa belajar bukan dari guru saja, tetapi dari rekan sebayanya. Ini selaras dengan teori pembelajaran sosial Bandura (1986), yang menyatakan bahwa interaksi antarindividu memperkuat pemahaman dan mengembangkan kompetensi sosial. Di SMK, aktivitas seperti proyek kelompok lintas jurusan atau “mentor sebaya” antarkelas terbukti meningkatkan keaktifan dan keterlibatan siswa.

Karakter kedelapan dari pembelajaran revolusioner adalah terukur secara autentik dan reflektif. Asesmen tidak cukup hanya pada pilihan ganda dan ulangan akhir, melainkan melalui portofolio, rubrik kinerja, observasi proses, dan refleksi diri. Ini penting untuk membentuk kesadaran metakognitif siswa tentang cara mereka belajar dan berpikir. Menurut Darling-Hammond et al. (2017), asesmen autentik adalah alat terbaik untuk mengukur kompetensi abad 21 secara menyeluruh, termasuk kreativitas, kolaborasi, dan berpikir kritis.

Karakter kesembilan adalah inklusif dan memanusiakan, menyesuaikan dengan keunikan siswa dari berbagai latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya. Di SMK, pembelajaran harus memberi ruang bagi siswa dengan kebutuhan khusus, siswa yang bekerja sambil sekolah, maupun siswa yang berasal dari daerah tertinggal. Pembelajaran berbasis kasih sayang, keberpihakan, dan keberagaman merupakan cermin dari revolusi pendidikan yang benar-benar berpihak pada kemanusiaan.

Karakter terakhir adalah berorientasi pada masa depan (*future-oriented*). Pembelajaran di SMK harus menyiapkan siswa untuk pekerjaan yang bahkan belum tercipta hari ini. Oleh karena itu, pembelajaran harus menumbuhkan literasi digital, literasi budaya, dan literasi nilai, agar siswa mampu mengambil keputusan etis, bekerja di lintas budaya, serta mengembangkan solusi yang berkelanjutan. SMK sebagai kawah candradimuka masa depan bangsa tidak hanya mendidik pekerja, tetapi mencetak warga dunia yang berintegritas dan berdaya cipta.

Semua karakteristik ini menuntut perubahan cara pandang guru, kepala sekolah, dan pengelola pendidikan. Pembelajaran revolusioner bukan program sesaat, tetapi paradigma yang ditumbuhkan melalui kebijakan, pelatihan, praktik, dan budaya belajar. Dalam jangka panjang, karakter-karakter inilah yang akan menjadi fondasi SMK unggul dan berdaya saing global.

## E. Penguatan Kesiapan Guru SMK dalam Menyongsong Perubahan

Perubahan dalam dunia pendidikan vokasi bukan sekadar perubahan kurikulum, perangkat ajar, atau alat praktik. Perubahan paling esensial adalah transformasi pada kesiapan mental, kompetensi, dan visi para guru. Guru SMK bukan hanya pengajar mata pelajaran kejuruan, tetapi aktor strategis dalam menciptakan generasi produktif, adaptif, dan inovatif. Oleh karena itu, kesiapan guru SMK menjadi titik sentral dalam menjawab tantangan era digitalisasi, otomasi, dan dinamika dunia kerja yang sangat cepat berubah.

Kesiapan guru di era disrupsi meliputi tiga ranah besar: kompetensi profesional, kompetensi pedagogik adaptif, dan kompetensi transformatif berbasis teknologi. Ketiganya harus hadir secara simultan dan saling menopang. Tanpa penguatan menyeluruh, guru SMK akan tertinggal oleh laju teknologi dan tidak mampu menjembatani kesenjangan antara pembelajaran dan kebutuhan dunia kerja.

Secara profesional, guru SMK perlu terus mengembangkan kompetensi teknis sesuai bidang keahliannya. Di banyak SMK, masih ditemukan guru yang belum sepenuhnya mengikuti perkembangan industri terkini. Misalnya, jurusan teknik kendaraan ringan belum mengintegrasikan pembelajaran berbasis kendaraan listrik, padahal tren otomotif dunia telah bergerak ke arah itu. Solusinya, perlu ada *industry upskilling program* yang mendekatkan guru dengan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri) secara berkelanjutan.

Dalam ranah pedagogik, guru SMK harus memiliki kemampuan merancang pembelajaran yang fleksibel, kontekstual, dan personal. Kurikulum Merdeka memberi ruang luas bagi guru untuk berinovasi, namun tidak semua guru siap menerjemahkan fleksibilitas itu dalam praktik yang efektif. Maka pelatihan pedagogik berbasis kebutuhan riil (*differentiated teacher training*) perlu dirancang agar guru tidak sekadar tahu teori,

tetapi mampu menyusun *project-based learning*, asesmen autentik, hingga integrasi profil pelajar Pancasila ke dalam setiap proyek kejuruan.

Aspek ketiga yang sangat krusial adalah penguasaan teknologi dan literasi digital. Guru SMK harus memahami TPACK dan mampu menerapkan teknologi untuk mendukung, bukan menggantikan, pembelajaran. Sebuah survei oleh Kemendikbudristek (2023) menunjukkan bahwa hanya 47% guru SMK yang merasa percaya diri menggunakan teknologi digital secara kreatif dalam pembelajaran. Ini menunjukkan urgensi penguatan literasi digital bukan hanya dalam aspek teknis (mengoperasikan), tetapi juga dalam aspek strategis (mengembangkan, mencipta, dan mengevaluasi pembelajaran digital).

Kesiapan guru juga ditentukan oleh mindset dan kemauan belajar berkelanjutan. Diperlukan perubahan dari *fixed mindset* menjadi *growth mindset* (Dweck, 2006), di mana guru tidak takut pada teknologi, tidak ragu mencoba pendekatan baru, dan terus belajar dari refleksi serta komunitas. Salah satu pendekatan yang efektif adalah penguatan *komunitas belajar guru SMK* (Professional Learning Community), yang difasilitasi oleh sekolah atau yayasan, di mana guru saling berbagi praktik baik, merefleksikan proses, dan merancang inovasi bersama.

Upaya penguatan kesiapan guru SMK juga perlu ditopang oleh kepemimpinan transformasional kepala sekolah. Kepala sekolah harus menjadi role model inovasi, memberi ruang eksperimen, serta membangun budaya kolaboratif di antara guru. Dalam banyak studi (Bass & Riggio, 2006; Leithwood, 2021), kepemimpinan yang visioner dan suportif terbukti berperan penting dalam menciptakan guru yang antusias berinovasi dan siap berubah.

Pemerintah juga memiliki peran strategis. Saat ini, program-program seperti Guru Penggerak, SMK Pusat Keunggulan (PK), dan Platform Merdeka Mengajar merupakan inisiatif yang perlu diperluas dan dikontekstualisasikan khusus untuk guru SMK. Namun, implementasi program pelatihan tidak boleh top-down dan seragam. Dibutuhkan desain pelatihan berbasis diferensiasi, di mana guru SMK dari jurusan animasi memiliki pola pelatihan yang berbeda dengan guru jurusan agribisnis atau perhotelan.

Tak kalah penting adalah penguatan aspek kesejahteraan dan dukungan psikososial guru SMK. Perubahan yang terlalu cepat seringkali memicu stres, burnout, dan kelelahan emosional. Oleh karena itu, penguatan mental dan spiritual guru, melalui pendekatan *well-being educator*, sangat relevan untuk memastikan guru tetap termotivasi dan bahagia dalam proses perubahan. Sekolah perlu menyediakan ruang konseling, pelatihan mindfulness, dan forum apresiasi guru yang memperkuat ketahanan pribadi.

Di sisi lain, kolaborasi dengan industri juga harus mencakup program magang guru ke dunia industri secara berkala. Ini bukan hanya untuk transfer teknologi, tetapi juga untuk memahami etos kerja, budaya inovasi, dan dinamika pasar. Di negara seperti Jerman dan Finlandia, magang guru ke industri sudah menjadi kewajiban periodik, yang sangat berdampak pada penyegaran profesionalisme guru.

Untuk mempercepat kesiapan guru, penting pula membangun ekosistem pembelajaran digital yang inklusif. Pemerintah daerah dan sekolah perlu memastikan akses internet, perangkat, dan pelatihan teknologi tersedia secara merata. Jangan sampai hanya sekolah besar yang mampu menerapkan teknologi tinggi, sementara SMK di daerah tertinggal tertinggal jauh. Literasi digital guru harus dianggap sebagai *investasi transformasional*, bukan sekadar pelengkap administratif.

Secara keseluruhan, penguatan kesiapan guru SMK bukan proyek satu tahun, melainkan proses berkelanjutan yang memerlukan komitmen lintas level dari guru sendiri, kepala sekolah, pengawas, pemerintah daerah, sampai kementerian. Tanpa kesiapan guru, inovasi pembelajaran akan mandek di tingkat slogan. Tetapi jika guru siap, maka perubahan akan lahir dari ruang kelas, bukan dari seminar nasional.

Guru SMK adalah aktor revolusi pendidikan vokasi. Mereka bukan hanya pelaku teknis kurikulum, tetapi pemimpin belajar yang menentukan arah masa depan siswa. Maka tugas kita semua adalah memastikan bahwa para guru ini diperlengkapi, dipandu, dan diberdayakan agar dapat terus belajar, terus bertumbuh, dan terus menjadi cahaya perubahan di tengah dunia yang penuh tantangan.

## F. Manajemen Perubahan Kurikulum dan Peran Guru Inovatif

Perubahan kurikulum tidak pernah semata-mata perubahan dokumen. Ia adalah perubahan paradigma berpikir, cara kerja, dan cara berinteraksi guru dengan peserta didik dan lingkungan belajarnya. Dalam konteks SMK, perubahan kurikulum menjadi urgen karena perubahan dunia kerja, teknologi, dan karakter peserta didik terus berkembang secara eksponensial. Maka, manajemen perubahan kurikulum di SMK menuntut pendekatan yang sistemik dan partisipatif, bukan sekadar administratif dan terpusat.

Kurikulum Merdeka yang kini diterapkan di SMK membuka peluang besar untuk pembelajaran yang lebih kontekstual, fleksibel, dan adaptif terhadap kebutuhan dunia kerja dan karakteristik lokal. Namun demikian, perubahan ini juga membawa tantangan dalam implementasi di tingkat guru. Sebuah studi oleh Puslitjak Kemendikbud (2023) menunjukkan bahwa 61% guru SMK merasa belum sepenuhnya memahami bagaimana menerjemahkan Kurikulum Merdeka ke dalam kegiatan pembelajaran kejuruan yang bermakna. Ini mencerminkan pentingnya manajemen perubahan yang bukan hanya fokus pada produk kurikulum, tetapi juga pada proses, budaya, dan kapasitas sumber daya manusia.

Manajemen perubahan kurikulum idealnya diawali dari pemetaan kesiapan internal sekolah: dari aspek kompetensi guru, fasilitas pendukung, hingga budaya belajar yang ada. Fullan (2007) menekankan bahwa keberhasilan reformasi pendidikan sangat ditentukan oleh kepemilikan (*ownership*) para guru terhadap perubahan tersebut. Artinya, kurikulum yang dibuat top-down tanpa ruang partisipasi guru akan cenderung gagal dalam implementasi nyata. Oleh karena itu, sekolah harus mendorong dialog kurikulum—bukan hanya sekadar sosialisasi, tetapi proses bersama merumuskan interpretasi dan strategi penerapan.

Guru inovatif memainkan peran sentral dalam manajemen perubahan ini. Mereka bukan hanya pelaksana kebijakan, tetapi pemakna dan pengembang kurikulum dalam konteks yang konkret. Dalam studi OECD (2022), disebutkan bahwa guru yang mampu melakukan *curriculum design* pada tingkat lokal menunjukkan peningkatan kepuasan kerja, motivasi profesional, dan hasil belajar siswa yang lebih baik. Di SMK, guru inovatif bisa menciptakan proyek lintas mata pelajaran, mengembangkan modul

praktik berbasis masalah industri lokal, atau bahkan berkolaborasi dengan mitra DUDI untuk merancang unit-unit pembelajaran berbasis real project.

Transformasi kurikulum juga menuntut guru memahami prinsip *backward design* (Wiggins & McTighe, 2005), di mana perencanaan pembelajaran dimulai dari kompetensi akhir yang diharapkan (profil lulusan), kemudian ditarik ke belakang untuk menentukan pengalaman belajar dan asesmen yang relevan. Ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dan pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*), yang makin banyak diadopsi oleh SMK-SMK Pusat Keunggulan. Guru inovatif tidak hanya mengajarkan konten, tetapi memfasilitasi proses berpikir, berkreasi, dan menyelesaikan masalah.

Penting pula untuk menciptakan *loop evaluasi dan refleksi* dalam manajemen perubahan kurikulum. Artinya, guru perlu dilatih tidak hanya menyusun RPP dan modul ajar, tetapi juga melakukan evaluasi formatif atas penerapannya, merevisi pendekatan, dan berbagi praktik baik. Ini membutuhkan budaya belajar guru yang kolaboratif, saling membuka kelas, dan terbiasa dengan observasi serta umpan balik sejawat. Dalam praktiknya, kegiatan seperti *lesson study*, *co-teaching*, atau *peer review* menjadi instrumen kunci untuk menghidupkan dinamika perubahan kurikulum di lapangan.

Selain itu, integrasi teknologi dalam kurikulum menjadi aspek yang tidak bisa ditawar. Guru inovatif harus memahami bagaimana mengadopsi pendekatan *TPACK* (Technological Pedagogical and Content Knowledge) dalam menyusun dan menerapkan kurikulum. Ini berarti guru harus mampu memilih teknologi yang tepat, menyelaraskannya dengan konten kejuruan yang kompleks, serta mengajarkannya dengan metode yang efektif dan inklusif. Penggunaan Learning Management System (LMS), aplikasi desain berbasis AI, dan simulasi digital kejuruan merupakan contoh konkret dari praktik kurikulum inovatif berbasis teknologi.

Kebijakan pendidikan nasional pun perlu sinkron dengan realitas di lapangan. Banyak SMK yang kesulitan menerapkan Kurikulum Merdeka secara penuh karena keterbatasan sarana praktik dan ketimpangan literasi digital antarwilayah. Dalam konteks ini, peran kepala sekolah dan pengawas menjadi penting dalam mengelola ekspektasi, memberikan pendampingan, dan memfasilitasi pelatihan yang sesuai

kebutuhan. Manajemen perubahan kurikulum perlu diiringi dengan alokasi anggaran, waktu pengembangan profesional guru, dan kebijakan evaluasi yang adaptif, bukan represif.

Tidak kalah penting adalah dimensi nilai dan karakter dalam kurikulum. Guru inovatif di SMK tidak hanya mengajarkan keterampilan teknis, tetapi juga menanamkan etos kerja, tanggung jawab, dan integritas sebagai bagian dari *profil pelajar Pancasila*. Kurikulum baru memberikan ruang bagi penguatan karakter ini melalui kegiatan kokurikuler, pembelajaran berbasis proyek sosial, dan refleksi nilai-nilai luhur budaya bangsa. Di sinilah peran guru sebagai pendidik sejati menemukan maknanya yang paling dalam.

Dalam banyak kasus, perubahan kurikulum yang berhasil selalu ditopang oleh guru yang bersedia *belajar ulang* dan *menata ulang perannya*. Mereka sadar bahwa tantangan masa depan tidak bisa dihadapi dengan pendekatan masa lalu. Dengan mengembangkan kompetensi kurikulum, memperkuat jejaring kolaborasi, dan terbuka terhadap umpan balik, guru SMK dapat menjadi penggerak transformasi pendidikan vokasi menuju arah yang lebih visioner dan relevan.

Sebagai penutup, manajemen perubahan kurikulum yang efektif bukan semata soal mengganti silabus atau menambah modul ajar. Ini adalah proses membangun budaya baru di sekolah budaya belajar, budaya inovasi, dan budaya refleksi. Guru inovatif adalah katalisator dari budaya tersebut. Ketika guru diberdayakan, dihargai, dan difasilitasi untuk menjadi pencipta kurikulum, bukan hanya pelaksana, maka transformasi pendidikan vokasi akan menemukan bentuk terbaiknya: kontekstual, berkualitas, dan bermakna bagi generasi mendatang.

## BAB 3.

### STEAM DALAM PENDIDIKAN VOKASI

*"Mengajar dengan Imajinasi, Membelajarkan dengan Rekayasa"*

Bayangkan seorang siswa SMK jurusan Teknik Mesin yang tidak hanya mahir menggunakan mesin bubut, tetapi juga memahami prinsip fisika di balik gesekan logam, dapat menghitung efisiensi energi melalui matematika terapan, merancang ulang komponen menggunakan teknologi 3D, dan bahkan menjelaskan proses itu semua melalui video kreatif penuh warna dan irama. Itulah gambaran utuh seorang pembelajar STEAM seorang problem solver sekaligus creator, seorang teknolog yang juga seniman, sekaligus pemimpi yang paham bagaimana mewujudkannya.

STEAM bukan sekadar singkatan lima bidang ilmu. Ia adalah semangat zaman. Ia adalah cara baru memandang pengetahuan bukan sebagai tumpukan disiplin terpisah, tetapi sebagai jaringan keterkaitan yang saling hidup, saling menumbuhkan, dan saling memperkuat. STEAM menghidupkan kembali pembelajaran yang memantik rasa ingin tahu, bukan sekadar mengisi lembar soal. Ia membawa kembali kegembiraan eksplorasi ke ruang kelas SMK yang sering kali terjebak dalam rutinitas praktik teknis.

Bab ini adalah ajakan untuk melampaui sekat-sekat. Bahwa di tengah tantangan Society 5.0 dan VUCA yang memusingkan, kita tak cukup hanya mencetak tukang, teknisi, atau ahli praktik semata. Kita butuh lulusan SMK yang berpikir lintas, merasa dalam, dan mencipta keluar dari kebiasaan. Di sinilah pendekatan STEAM berdiri kokoh sebagai jembatan antara keterampilan dan imajinasi, antara logika dan rasa, antara mesin dan manusia.

Melalui bab ini, guru SMK akan diajak mengurai ulang fondasi pembelajaran: bagaimana menyatukan teori dan praktik, bagaimana membuat matematika hidup dalam desain produk, bagaimana sains berbicara lewat gerakan robot, bagaimana coding

## BAGIAN II

### FONDASI TEORITIK STEAM, TPACK DAN KODING

menjadi bahasa seni modern, dan bagaimana seni menjembatani teknologi agar tetap bermakna dan membumi.

STEAM bukan proyek mahal. Bukan pula tren sesaat. Ia bisa lahir dari kelas sederhana, dari proyek membuat hidroponik menggunakan sensor Arduino, dari tugas merancang bisnis kuliner berbasis digital, atau dari karya seni instalasi daur ulang bahan teknik. Selama ada guru yang mau menyelam keterkaitan antarilmu, STEAM bisa hidup di mana pun, bahkan di sekolah dengan keterbatasan sekalipun.

Bab ini dibuka bukan dengan rumus, tapi dengan kesadaran. Bahwa mengajar hari ini bukan hanya mentransfer ilmu, tapi menyalakan nyala penciptaan. Maka, mari masuk ke dunia STEAM bukan sebagai beban baru, tapi sebagai jalan menemukan kembali makna kita sebagai pendidik: *membentuk manusia utuh, yang berpikir, merasa, dan bertindak selaras untuk masa depan yang lebih baik.*

## A. Definisi dan Prinsip STEAM

Pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) merupakan sebuah paradigma pendidikan yang memadukan lima ranah pengetahuan utama secara terpadu. Landasan filosofisnya bertumpu pada pemahaman bahwa dunia nyata tidak dibagi dalam kotak-kotak ilmu, melainkan penuh keterkaitan antardisiplin. Oleh karena itu, STEAM bukan sekadar integrasi kurikulum, tetapi transformasi cara berpikir tentang pendidikan. Gagasan ini didukung oleh pandangan John Dewey (1938) yang menekankan pentingnya pengalaman autentik dalam pembelajaran sebagai fondasi demokrasi pendidikan.

Secara teoretik, pendekatan STEAM dipengaruhi oleh filsafat konstruktivisme yang dikembangkan oleh Piaget dan Vygotsky. Dalam pandangan ini, pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui interaksi sosial dan eksplorasi lingkungan. Integrasi STEAM memungkinkan siswa mengembangkan pengetahuan melalui pengalaman langsung, pemecahan masalah riil, dan kolaborasi. Vygotsky (1978) menekankan pentingnya zona perkembangan proksimal dalam pengembangan kognitif suatu area yang dapat dimaksimalkan dengan pendekatan lintasdisipliner seperti STEAM.

STEAM juga didukung oleh teori pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning), yang menjadikan siswa sebagai subjek aktif dalam penciptaan pengetahuan. Bell (2010) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan kreativitas. Dalam konteks SMK, pendekatan ini menjadi sangat relevan karena menyatukan teori dan praktik, serta menyiapkan peserta didik untuk tantangan dunia kerja dan kehidupan nyata.

Dalam dimensi lain, teori experiential learning dari David Kolb (1984) memberikan justifikasi kuat bagi implementasi STEAM. Ia menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika individu mengalami secara langsung, merefleksikan, mengkonseptualisasi, dan mengaplikasikan pengetahuan tersebut. STEAM mengakomodasi keempat tahapan ini melalui integrasi ilmu dan seni dalam proyek pembelajaran yang bersifat iteratif.

Filosofi STEAM juga mencerminkan pemikiran Howard Gardner tentang Multiple Intelligences (1983), yang menekankan bahwa kecerdasan manusia bersifat jamak: logika, visual, kinestetik, musikal, interpersonal, dan lainnya. Dengan menyertakan komponen seni (Art), STEAM mengakomodasi ekspresi berbagai kecerdasan tersebut, dan membantu peserta didik yang tidak selalu unggul secara akademik tetap merasa kompeten dan berdaya.

Landasan epistemologis pendekatan STEAM bersandar pada paradigma integratif dan transdisipliner. Nicolescu (2002) menyebut transdisiplinaritas sebagai pendekatan yang menembus batas-batas disiplin ilmu dan membuka kemungkinan penciptaan pengetahuan baru. Dalam dunia pendidikan vokasi, di mana keterampilan praktis dan teoritis harus terintegrasi, STEAM menjadi pendekatan yang menyeimbangkan keduanya.

Dari sisi ontologis, STEAM memandang realitas sebagai entitas yang kompleks, dinamis, dan saling terkait. Pendidikan tidak dapat lagi dipisahkan dari konteks sosial, teknologi, dan budaya. Oleh karena itu, guru SMK yang mengadopsi pendekatan STEAM perlu memahami bahwa setiap materi ajar dapat dihubungkan dengan persoalan riil dan menantang siswa untuk merancang solusi inovatif.

Pendekatan STEAM mendorong pedagogi reflektif, di mana guru tidak hanya menyampaikan pengetahuan, tetapi menjadi fasilitator yang menumbuhkan nalar, rasa ingin tahu, dan semangat kolaboratif. Freire (1970) menyebut bahwa pendidikan sejati adalah dialogis dan membebaskan. STEAM menyediakan ruang tersebut, terutama melalui proyek yang menggabungkan teknologi, rekayasa, dan seni.

Dalam konteks Indonesia, pendekatan STEAM sangat sejalan dengan Kurikulum Merdeka, yang menekankan pembelajaran berdiferensiasi dan berbasis proyek. Kemendikbudristek (2022) merekomendasikan penerapan pembelajaran lintas disiplin untuk menyiapkan siswa menghadapi tantangan abad 21. STEAM menjadi kerangka strategis yang dapat diadaptasi oleh guru SMK dalam berbagai program keahlian.

Data dari World Economic Forum (2023) menunjukkan bahwa 9 dari 10 keterampilan paling dibutuhkan dunia kerja pada 2025 berkaitan dengan problem solving, berpikir kritis, kreativitas, dan literasi teknologi. STEAM secara langsung menargetkan pengembangan keempat keterampilan ini. Oleh karena itu, bukan hanya filosofis, pendekatan ini juga pragmatis dan berbasis kebutuhan.

STEAM memperkuat konektivitas antara konten dan konteks. Misalnya, dalam pembelajaran teknik kendaraan ringan, siswa dapat merancang inovasi mobil hemat energi, mengintegrasikan fisika, matematika, teknologi, dan seni visual dalam satu proyek. Ini menjadikan pembelajaran relevan, aplikatif, dan memantik motivasi intrinsik peserta didik.

Pendekatan STEAM juga menjadi jembatan antara tradisi dan inovasi. Seni, sebagai salah satu komponen dalam STEAM, bukan hanya ekspresi estetika, melainkan juga pendekatan kreatif untuk memecahkan masalah teknis. Dalam pendidikan vokasi, integrasi ini menciptakan lulusan yang tidak hanya kompeten secara teknis, tetapi juga fleksibel dan adaptif.

Landasan teoritik STEAM juga menyentuh aspek neuroedukasi. Penelitian dalam ilmu kognitif menunjukkan bahwa otak manusia belajar lebih efektif ketika berbagai area otak logika, emosi, motorik terlibat secara simultan (Immordino-Yang & Damasio, 2007). STEAM merangsang area-area ini melalui pembelajaran yang multisensori dan

kontekstual. Guru SMK yang ingin mengimplementasikan STEAM perlu memahami bahwa ini bukan soal menggabungkan lima mata pelajaran, tetapi soal menciptakan ekosistem belajar yang bermakna. Hal ini menuntut peran guru sebagai desainer pembelajaran yang fleksibel, kolaboratif, dan reflektif.

Lebih jauh, STEAM memberi peluang untuk mengangkat isu-isu lokal sebagai bahan ajar. Misalnya, siswa program keahlian pertanian dapat mengeksplorasi solusi inovatif untuk irigasi ramah lingkungan, dengan pendekatan STEAM. Proyek seperti ini menyambungkan pengetahuan global dengan kebutuhan lokal.

Filosofi STEAM juga menegaskan pentingnya inklusivitas. Dengan variasi pendekatan dan produk pembelajaran yang dihasilkan, semua siswa termasuk yang memiliki kebutuhan khusus dapat menemukan ruang untuk berpartisipasi dan menunjukkan potensinya. Ini selaras dengan prinsip pendidikan untuk semua (Education for All).

STEAM bukan hanya strategi pembelajaran, tapi juga sebuah kultur belajar. Ia mendorong komunitas belajar yang kolaboratif, eksploratif, dan berani bereksperimen. Dalam jangka panjang, ini membentuk mindset inovatif yang diperlukan tidak hanya di ruang kelas, tapi juga di dunia kerja dan kewirausahaan.

Implementasi STEAM harus dikawal oleh kebijakan sekolah yang progresif dan pelatihan guru yang berkelanjutan. Tanpa dukungan sistemik, pendekatan ini akan sulit berakar dan berkembang. Oleh karena itu, kepala sekolah dan pemangku kepentingan harus melihat STEAM sebagai investasi strategis dalam peningkatan kualitas pembelajaran.

Secara keseluruhan, pendekatan STEAM menyuguhkan alternatif masa depan bagi pendidikan vokasi Indonesia yang selama ini terlalu fokus pada teknikalitas. Ia membuka jalan menuju pembelajaran yang lebih manusiawi, menyeluruh, dan relevan. Melalui STEAM, guru SMK bukan hanya mengajar, tapi membentuk generasi pemikir kreatif dan pencipta masa depan.

Dengan memahami landasan filosofis dan teoretik STEAM, guru SMK dapat mulai merancang pembelajaran yang tidak hanya memenuhi kurikulum, tetapi juga menjawab

kebutuhan zaman. Bab ini menjadi titik tolak untuk menyelami bagaimana STEAM diintegrasikan ke dalam praktik nyata pendidikan vokasi pada bab-bab berikutnya.

## **B. Integrasi Science Technology Engineering Arts Math dalam kurikulum SMK**

Integrasi pendekatan STEAM dalam kurikulum SMK bukan sekadar penggabungan disiplin ilmu, melainkan sebuah transformasi paradigma pembelajaran yang mengutamakan kontekstualisasi, konektivitas antarbidang, dan penguatan daya cipta peserta didik. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip transdisipliner yang mengaburkan batas antara sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika demi menjawab persoalan nyata. Dalam era disrupsi yang menuntut adaptabilitas tinggi, guru SMK dituntut mendesain kurikulum yang mencerminkan keterkaitan kompleks antarkonsep serta relevansi terhadap dunia kerja dan kehidupan sosial.

STEAM berakar pada filosofi konstruktivisme dan konektivisme, yang menggarisbawahi pentingnya pembelajaran yang bermakna, berbasis pengalaman, dan terkoneksi secara luas. Dalam praktiknya, integrasi STEAM dapat diterapkan melalui pembelajaran berbasis proyek (project-based learning), studi kasus lintas disiplin, hingga kolaborasi dalam komunitas belajar. Thomas (2000) menyatakan bahwa proyek yang bersifat otentik mampu mendorong siswa mengonstruksi pengetahuan dengan lebih mendalam dibandingkan pembelajaran konvensional. Oleh karena itu, integrasi STEAM dalam kurikulum SMK harus dirancang agar pembelajaran menjadi ruang problem solving, inovasi, dan refleksi.

Dalam konteks SMK, pendekatan STEAM memperkaya kurikulum dengan memberikan kesempatan pada peserta didik untuk menjelajah berbagai pendekatan ilmiah dan artistik dalam menyelesaikan tugas-tugas kejuruan. Hal ini menghindarkan proses pembelajaran dari pendekatan verbalis dan teknis semata, dan justru membawa siswa untuk menjadi pemikir sistemik dan kreatif. National Research Council (2011) menyebut bahwa integrasi STEAM sangat efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, terutama pada ranah evaluatif dan sintesis.

Kurikulum SMK berbasis STEAM juga dapat menjadi medium untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dan kepercayaan diri peserta didik. Misalnya, dalam program keahlian Teknik Komputer dan Jaringan, siswa tidak hanya mempelajari coding dan jaringan digital, tetapi juga mendesain tampilan antarmuka berbasis prinsip seni visual. Kolaborasi antara matematika, teknologi, dan desain dalam proyek seperti ini membuat pembelajaran terasa nyata dan menantang secara intelektual dan emosional.

Salah satu model yang relevan dalam mendukung integrasi STEAM adalah backward design dari Wiggins & McTighe (2005), yang dimulai dari perumusan tujuan belajar dan dirancang mundur menuju asesmen dan aktivitas pembelajaran. Dengan pendekatan ini, guru dapat merancang unit pembelajaran tematik yang menyatukan elemen STEAM secara sinergis dalam proyek atau studi kasus tertentu. Langkah ini menjembatani perencanaan kurikulum dengan pelaksanaan di kelas.

Dalam praktik integratif, penting bagi guru untuk merancang proyek-proyek yang bersifat open-ended, memantik pertanyaan kritis, dan memungkinkan eksplorasi multi-disipliner. Misalnya, siswa program keahlian Agribisnis Tanaman Pangan dan Hortikultura dapat diminta untuk merancang sistem hidroponik cerdas berbasis IoT. Di sinilah integrasi sains (biologi), teknologi (sensor), rekayasa (sistem rangka), seni (visualisasi produk), dan matematika (perhitungan efisiensi) bekerja dalam satu wadah pembelajaran.

Data dari Kemendikbudristek (2023) menunjukkan bahwa sekolah-sekolah yang menerapkan pendekatan lintas disiplin dan proyek kolaboratif mengalami peningkatan signifikan dalam partisipasi dan keterlibatan belajar siswa. Hal ini menjadi dasar kuat bahwa kurikulum SMK harus lebih lentur dan mampu mengakomodasi pendekatan STEAM dalam pelaksanaannya, bukan sekadar terpaku pada kisi-kisi Uji Kompetensi Keahlian.

Pengintegrasian STEAM juga memungkinkan terciptanya kurikulum yang lebih humanistik dan inklusif. Seni sebagai bagian dari STEAM memperluas dimensi ekspresi siswa, dan memungkinkan siswa dengan gaya belajar visual, kinestetik, atau musikal untuk lebih terlibat. Dalam pendidikan vokasi, pendekatan ini menjamin bahwa potensi siswa tidak disempitkan hanya pada keunggulan teknis, tetapi juga dalam ranah afektif

dan estetik. Kurikulum Merdeka memberikan ruang strategis untuk mengembangkan integrasi STEAM. Melalui Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5), guru dapat merancang tema pembelajaran berbasis isu-isu aktual dan lokal. Tema seperti inovasi teknologi lokal, energi terbarukan, atau urban farming dapat menjadi pintu masuk proyek STEAM yang menghubungkan berbagai mata pelajaran dengan tantangan riil di lingkungan sekitar siswa.

Langkah konkret dalam mengimplementasikan integrasi STEAM adalah menyusun modul ajar kolaboratif antarguru. Guru matematika, seni budaya, dan kejuruan dapat bersama-sama menyusun unit pembelajaran berbasis desain produk digital. Proses ini tidak hanya mengembangkan profesionalisme guru melalui kerja tim, tetapi juga menjadi model kolaborasi yang dapat ditiru oleh siswa dalam kegiatan mereka.

Integrasi STEAM juga perlu didukung oleh ekosistem sekolah yang terbuka terhadap inovasi. Kepala sekolah dan pengawas harus memberikan ruang eksperimen kepada guru, serta mendukung dengan pelatihan, sumber daya, dan fleksibilitas struktur waktu belajar. Sekolah yang mampu menciptakan budaya STEAM adalah sekolah yang mengizinkan guru dan siswa gagal, mencoba ulang, dan terus belajar.

Dari sisi asesmen, pendekatan STEAM membutuhkan pengembangan evaluasi yang autentik dan holistik. Rubrik penilaian tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga proses, kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Guru dapat menggunakan portofolio proyek, presentasi, atau demonstrasi sebagai alat asesmen yang menilai capaian secara menyeluruh.

Dalam dunia kerja masa depan, lulusan SMK tidak hanya dituntut mahir secara teknis, tetapi juga memiliki kemampuan berpikir kritis, memecahkan masalah kompleks, dan berkomunikasi efektif. STEAM sebagai pendekatan kurikulum menjawab tantangan tersebut karena menciptakan situasi belajar yang serupa dengan dunia kerja yang nyata dan dinamis.

Untuk memperkuat keberhasilan integrasi STEAM, kemitraan dengan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri) dapat dimaksimalkan. DUDI dapat menjadi

narasumber, penyedia proyek nyata, atau mitra co-teaching. Kolaborasi ini memperkaya relevansi kurikulum dan memperluas cakrawala siswa terhadap praktik industri.

Penting juga menyiapkan guru melalui pelatihan dan pengembangan profesional yang spesifik pada pendekatan STEAM. Program pelatihan yang menekankan kolaborasi antar-guru lintas disiplin, integrasi teknologi, serta perancangan proyek berbasis kurikulum perlu dirancang dan difasilitasi oleh pemerintah maupun lembaga pendidikan tinggi.

Referensi internasional, seperti NAE & NRC (2014), menegaskan bahwa implementasi STEAM dalam pendidikan menengah kejuruan meningkatkan capaian akademik, memperkuat literasi STEM, dan meningkatkan partisipasi siswa dari kelompok minoritas. Ini menunjukkan bahwa integrasi STEAM bukan hanya strategi kurikulum, tetapi juga strategi keadilan pendidikan.

Kurikulum SMK berbasis STEAM dapat didorong melalui revisi struktur kurikulum operasional sekolah (KOS) dan dokumen perencanaan pembelajaran. Guru dan tim kurikulum perlu merumuskan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran yang menyinergikan ilmu pengetahuan, teknologi, seni, dan konteks lokal.

Akhirnya, integrasi STEAM harus dipahami sebagai bagian dari transformasi ekosistem pendidikan vokasi. Ini bukan sekadar tentang mengganti cara mengajar, tetapi mengubah cara berpikir guru, siswa, dan manajemen sekolah tentang apa itu belajar dan untuk apa pendidikan dijalankan. Dengan integrasi yang konsisten dan reflektif, STEAM akan menjadi daya ungkit transformasi mutu SMK di Indonesia.

### **C. Urgensi STEAM dalam Pendidikan Kejuruan**

Pendidikan kejuruan memegang peranan vital dalam menyiapkan sumber daya manusia yang siap kerja, adaptif, dan inovatif di tengah dinamika revolusi industri dan perkembangan teknologi yang pesat. Dalam konteks ini, pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) menjadi sangat relevan untuk memperkuat struktur pembelajaran di SMK. STEAM tidak hanya menyatukan disiplin ilmu yang selama ini diajarkan secara terpisah, tetapi juga membentuk cara berpikir

sistemik, kreatif, dan transdisipliner pada peserta didik. Urgensi penerapan STEAM dalam pendidikan kejuruan dapat dilihat dari tantangan dunia kerja abad 21. Laporan *World Economic Forum (2023)* mengungkapkan bahwa keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah kompleks, kreativitas, dan kemampuan bekerja sama menjadi kompetensi utama yang dibutuhkan dunia industri. Sayangnya, sistem pendidikan kejuruan tradisional cenderung masih fokus pada keterampilan teknis dan belum sepenuhnya mengakomodasi kebutuhan tersebut secara utuh. Di sinilah pendekatan STEAM dapat menjembatani jurang antara pembelajaran di sekolah dan kebutuhan dunia kerja.

Pendekatan STEAM mendorong guru dan siswa untuk tidak hanya menguasai konten kejuruan, tetapi juga memahami cara mengintegrasikan sains dan teknologi dalam menciptakan solusi nyata. Dalam program keahlian seperti Teknik Otomotif, misalnya, proyek merancang kendaraan listrik sederhana memerlukan pemahaman fisika, matematika, teknik desain, dan juga seni visual. Ini merupakan bentuk konkret penerapan STEAM yang menyiapkan siswa menghadapi tantangan otomasi dan energi berkelanjutan.

Kurikulum yang mengintegrasikan STEAM akan memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya dan bermakna. Tidak hanya melalui praktik di bengkel atau laboratorium, tetapi juga melalui pemecahan masalah kontekstual yang menggabungkan analisis data, pengembangan produk, hingga strategi pemasaran digital. Hal ini sejalan dengan pendekatan pedagogi konstruktivistik yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman dan kolaborasi.

Penerapan STEAM dalam SMK juga memperkuat kemampuan metakognitif siswa. Mereka belajar merancang solusi, merefleksi proses, dan menyempurnakan produk atau ide. Kompetensi ini sangat penting dalam dunia kerja yang tidak pasti, di mana inovasi dan kemampuan adaptasi menjadi kunci keberhasilan. Menurut penelitian Darling-Hammond et al. (2022), siswa yang dilibatkan dalam pembelajaran berbasis STEAM menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konseptual dan motivasi belajar. Dalam konteks Indonesia, urgensi STEAM semakin mengemuka ketika melihat rendahnya performa siswa dalam survei PISA, terutama pada aspek literasi sains

dan matematika. Implementasi STEAM dapat menjadi strategi untuk memperbaiki capaian ini dengan membuat pembelajaran menjadi lebih relevan dan kontekstual. Pembelajaran sains tidak lagi diajarkan dalam ruang hampa, tetapi terkait langsung dengan proyek nyata dalam bidang keahlian siswa.

Guru SMK perlu didorong untuk membangun kultur pengajaran yang berfokus pada integrasi lintas mata pelajaran. Ini memerlukan pelatihan yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mengembangkan mindset kolaboratif dan inovatif. Kurikulum guru juga harus memfasilitasi pengembangan proyek kolaboratif antardisiplin sebagai bagian dari peningkatan kapasitas profesional dalam menerapkan STEAM.

STEAM juga memiliki dimensi sosial yang kuat. Ketika siswa diajak untuk merancang solusi terhadap masalah komunitas seperti pengelolaan sampah, energi terbarukan, atau inovasi produk UMKM, mereka tidak hanya belajar teori tetapi juga mengembangkan empati dan tanggung jawab sosial. Inilah aspek humanistik dari pendekatan STEAM yang sangat relevan bagi pendidikan vokasi yang ingin membentuk lulusan yang tidak hanya kompeten tetapi juga berkontribusi.

Tantangan dalam implementasi STEAM memang tidak sedikit, mulai dari keterbatasan waktu dan kurikulum, hingga ketersediaan sumber daya dan fasilitas. Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa dengan pendekatan yang adaptif dan partisipatif, STEAM dapat diimplementasikan secara bertahap dan berkelanjutan. Kuncinya adalah kolaborasi lintas sektor: sekolah, pemerintah, industri, dan masyarakat.

Selain itu, integrasi teknologi digital menjadi katalisator bagi implementasi STEAM. Platform pembelajaran daring, simulasi, dan perangkat lunak desain memberi peluang bagi siswa untuk bereksperimen dan belajar secara mandiri maupun kolaboratif. Ini sejalan dengan semangat Merdeka Belajar yang menempatkan otonomi dan keaktifan siswa sebagai pusat transformasi pendidikan.

STEAM juga memperluas ruang evaluasi pembelajaran. Asesmen tidak lagi semata-mata berdasarkan tes pilihan ganda, tetapi melalui proyek portofolio, pameran karya, dan refleksi proses. Ini membuat evaluasi menjadi lebih autentik dan mampu menangkap keberhasilan pembelajaran dalam dimensi yang lebih luas, termasuk

kreativitas, orisinalitas, dan ketekunan. Dalam jangka panjang, integrasi STEAM dalam pendidikan kejuruan dapat menjadi pondasi bagi pengembangan inovasi lokal. Siswa SMK yang dibekali dengan cara berpikir STEAM akan lebih mampu menciptakan produk, jasa, atau sistem yang menjawab kebutuhan masyarakat sekitar. Inovasi berbasis STEAM dapat menggerakkan kewirausahaan sosial dan ekonomi kreatif di daerah.

Dalam kerangka kebijakan nasional, penguatan STEAM harus menjadi bagian dari roadmap revitalisasi SMK. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dapat memberikan insentif bagi sekolah yang berhasil menerapkan pendekatan ini, termasuk melalui program Sekolah Pusat Keunggulan, pengembangan *Teaching Factory* berbasis STEAM, serta lomba inovasi siswa lintas disiplin.

Perlu juga dikembangkan standar kompetensi guru STEAM, termasuk unit pelatihan yang spesifik dan kolaboratif antardisiplin. Hal ini bisa difasilitasi melalui kerja sama dengan perguruan tinggi, lembaga pelatihan guru, dan industri. Keberhasilan STEAM dalam pendidikan vokasi tidak hanya ditentukan oleh siswa, tetapi juga oleh kesiapan dan keberanian guru untuk berinovasi.

Penguatan STEAM juga memiliki implikasi pada desain ruang belajar. Laboratorium atau studio perlu didesain ulang agar mendukung kerja kolaboratif, eksperimen kreatif, dan presentasi karya. Sekolah perlu menciptakan ekosistem belajar yang lentur, dinamis, dan merangsang eksplorasi. Dengan cara ini, pendekatan STEAM menjadi lebih dari sekadar metodologi ia menjadi budaya belajar.

Pendekatan STEAM sangat selaras dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang memberi ruang luas bagi kreativitas, otonomi, dan diferensiasi pembelajaran. Oleh karena itu, pendekatan ini seharusnya tidak dilihat sebagai beban tambahan, melainkan sebagai strategi implementatif untuk menyukseskan reformasi pendidikan vokasional di Indonesia.

Menyongsong era kecerdasan buatan dan revolusi industri 5.0, pendidikan kejuruan harus menjadi lokomotif transformasi keterampilan bangsa. Dengan memanfaatkan STEAM sebagai pendekatan utama, SMK dapat mencetak lulusan yang tidak hanya siap kerja, tetapi juga siap menciptakan pekerjaan. Ini adalah jawaban atas

tantangan masa depan yang menuntut fleksibilitas, inovasi, dan ketangguhan. Urgensi STEAM dalam pendidikan kejuruan pada akhirnya adalah tentang masa depan generasi muda. Ia tentang bagaimana kita membekali siswa dengan kemampuan untuk tidak hanya bertahan, tetapi untuk mencipta, berkontribusi, dan memimpin dalam dunia yang terus berubah. STEAM memberikan jalan bagi pendidikan vokasi untuk menjadi lebih relevan, bermakna, dan transformatif.

#### **D. Model Implementasi STEAM di SMK**

Model implementasi STEAM di SMK bukanlah pendekatan instan, melainkan proses sistemik yang menuntut transformasi budaya belajar, kurikulum, hingga mindset guru dan siswa. Pendekatan ini menuntut sinergi antara teori dan praktik, serta kolaborasi antarpemangku kepentingan. Oleh karena itu, perencanaan implementasi STEAM harus disusun berdasarkan kerangka berpikir strategis, partisipatif, dan berkelanjutan.

Landasan pertama dalam model implementasi STEAM adalah penyusunan visi dan misi pembelajaran yang mengintegrasikan lima pilar utama: Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika. Visi ini harus menekankan pentingnya pembelajaran lintas disiplin, pembelajaran berbasis proyek, serta pemecahan masalah nyata yang relevan dengan konteks program keahlian SMK. Satuan pendidikan perlu menyelaraskan dokumen kurikulum operasional sekolah (KOSP) agar mendukung penyatuan lintas mata pelajaran.

Model pembelajaran STEAM dapat diimplementasikan dalam dua pendekatan utama: integratif dan transformatif. Pendekatan integratif dilakukan melalui kolaborasi guru lintas mata pelajaran dalam merancang proyek bersama. Misalnya, guru produktif bekerja sama dengan guru matematika dan seni untuk merancang tugas pembuatan prototipe produk yang melibatkan pengukuran, estetika desain, dan fungsi teknis. Sementara pendekatan transformatif mendorong siswa untuk menemukan, mengeksplorasi, dan menyintesis pengetahuan dari berbagai sumber secara mandiri dalam satu proyek menyeluruh.

Kurikulum Merdeka memberi ruang besar untuk implementasi model ini, khususnya dalam bentuk *Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5)* dan pembelajaran berbasis *Teaching Factory*. Dalam konteks ini, proyek-proyek STEAM dapat diarahkan pada pengembangan karakter, literasi digital, dan kemampuan *problem solving* melalui aktivitas konkret di bengkel, laboratorium, atau lingkungan industri. Hal ini sesuai dengan temuan dari Trilling dan Fadel (2009) bahwa pembelajaran abad 21 menuntut integrasi literasi akademik dan keterampilan hidup.

Salah satu contoh model implementasi STEAM adalah skema "*Design Thinking STEAM*" yang dimulai dari tahapan empati, mendefinisikan masalah, mengideakan solusi, membuat prototipe, dan menguji hasil. Model ini dapat diterapkan dalam program keahlian seperti *Teknik Komputer dan Jaringan*, dengan proyek perancangan sistem keamanan digital untuk UMKM lokal. Seluruh tahapan melibatkan prinsip STEAM: pemrograman (*Technology*), logika sistem (*Engineering*), keamanan data (*Science*), visualisasi antarmuka (*Art*), dan algoritma dasar (*Mathematics*).

Dalam praktiknya, keberhasilan implementasi sangat tergantung pada peran guru sebagai fasilitator dan desainer pengalaman belajar. Guru perlu memiliki pemahaman menyeluruh tentang pendekatan STEAM, keterampilan kolaborasi lintas disiplin, dan kemampuan merancang asesmen yang autentik. Oleh karena itu, pengembangan kapasitas guru melalui pelatihan STEAM, praktik berbasis *lesson study*, dan komunitas belajar profesional menjadi pilar utama dalam model ini.

Asesmen dalam pembelajaran STEAM tidak lagi mengandalkan ujian tertulis semata, melainkan menggunakan portofolio proyek, observasi proses, presentasi produk, dan refleksi siswa. Model ini sejalan dengan pendekatan "*performance-based assessment*" yang menurut Darling-Hammond (2017) lebih mampu menangkap kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan dan keterampilan dalam situasi nyata.

Implementasi STEAM juga perlu didukung oleh lingkungan belajar yang fleksibel dan inspiratif. Laboratorium terpadu, studio kreatif, serta ruang kolaboratif yang dilengkapi teknologi digital menjadi elemen penting. Sekolah perlu memfasilitasi

transformasi ruang belajar dari ruang kelas tradisional menjadi ekosistem yang mendorong eksplorasi, kreativitas, dan kerja tim.

Keterlibatan dunia industri dalam implementasi STEAM sangat penting. Industri dapat menjadi mitra strategis dalam penyediaan studi kasus, pendampingan proyek, magang siswa, dan penilaian produk. Dengan begitu, pembelajaran berbasis STEAM tidak hanya relevan secara akademik tetapi juga aplikatif dalam dunia kerja. Inisiatif seperti kemitraan *Teaching Factory* atau proyek berbasis kebutuhan industri menjadi contoh konkret model kolaboratif ini.

Penting juga untuk memperhatikan keberagaman latar belakang siswa dalam penerapan model STEAM. Model yang inklusif memberi ruang pada berbagai gaya belajar, tingkat kemampuan, dan potensi siswa. Guru perlu mengembangkan pendekatan diferensiasi dan *scaffolding* agar seluruh siswa dapat berpartisipasi aktif dan berkembang sesuai ritme belajar masing-masing.

Model implementasi STEAM di SMK dapat dirancang dengan tahapan sistematis:

1. Penyusunan kebijakan internal sekolah,
2. Pelatihan guru lintas mata pelajaran,
3. Identifikasi peluang integrasi kurikulum,
4. Perencanaan proyek kolaboratif,
5. Pelaksanaan proyek berbasis steam, dan
6. Evaluasi serta perbaikan berkelanjutan. Tahapan ini mencerminkan siklus perencanaan-pelaksanaan-refleksi yang esensial dalam pengembangan program inovatif.

Pemanfaatan teknologi digital menjadi tulang punggung dalam pelaksanaan model ini. Guru dan siswa dapat menggunakan platform pembelajaran daring, aplikasi desain 3D, simulasi sains, coding visual, hingga alat evaluasi berbasis AI. Akses terhadap sumber daya digital yang luas memungkinkan pengayaan konten dan personalisasi pembelajaran yang efektif.

Salah satu model praktik baik dapat diambil dari SMK yang telah menerapkan STEAM untuk program keahlian Tata Boga dengan proyek "Smart Culinary Lab". Dalam proyek ini, siswa menggabungkan prinsip kimia makanan (Science), teknologi dapur digital (Technology), teknik penyajian (Engineering), estetika plating (Arts), dan konversi takaran bahan (Mathematics). Hasilnya tidak hanya berupa produk makanan, tetapi juga penguatan kompetensi lintas bidang.

Agar implementasi STEAM berkelanjutan, sekolah perlu mengembangkan sistem monitoring dan evaluasi berbasis data. Indikator yang dapat digunakan antara lain: keterlibatan guru dalam kolaborasi lintas mata pelajaran, jumlah proyek lintas disiplin yang dilaksanakan, keterlibatan mitra industri, serta peningkatan hasil belajar siswa dalam konteks kreatif dan aplikatif.

Dukungan manajemen sekolah menjadi faktor krusial dalam keberhasilan model ini. Kepala sekolah perlu menjadi pemimpin pembelajaran yang visioner, menciptakan ruang inovasi, serta memberikan ruang eksperimen tanpa takut gagal. Budaya sekolah yang terbuka terhadap perubahan dan mendukung kolaborasi adalah kunci dari penguatan pendekatan STEAM.

Penting untuk dicatat bahwa model implementasi STEAM tidak bersifat tunggal. Sekolah dapat mengadaptasi pendekatan ini sesuai dengan konteks lokal, sumber daya yang tersedia, dan kebutuhan program keahlian. Fleksibilitas inilah yang menjadikan STEAM relevan di berbagai jenjang dan situasi pendidikan vokasional.

Kolaborasi lintas sektor juga harus diperluas, termasuk dengan perguruan tinggi, komunitas kreatif, dan lembaga riset. Hal ini akan membuka peluang eksplorasi topik-topik baru, akses terhadap teknologi mutakhir, serta peluang publikasi atau pameran hasil karya siswa di tingkat lokal hingga internasional.

Pada akhirnya, model implementasi STEAM bukan hanya tentang metode mengajar, melainkan tentang menciptakan kultur sekolah yang adaptif, kolaboratif, dan inovatif. Model ini menyiapkan siswa SMK tidak hanya untuk bekerja, tetapi juga untuk berpikir kritis, mencipta, dan memimpin perubahan. Pendidikan kejuruan akan menemukan maknanya yang baru sebagai inkubator solusi masa depan.

## E. Studi Global: Praktik Baik Pembelajaran STEAM

Pembelajaran STEAM telah menjadi pendekatan pendidikan transformatif di berbagai negara, terutama dalam menjawab tantangan abad ke-21. Konsep ini diterapkan secara luas untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi. Studi global tentang praktik baik pembelajaran STEAM menunjukkan bahwa pendekatan ini berhasil meningkatkan engagement siswa, kualitas pembelajaran lintas disiplin, serta kesiapan mereka menghadapi dunia kerja dan tantangan sosial masa depan.

Finlandia dikenal sebagai negara dengan sistem pendidikan paling progresif dalam menerapkan pendekatan STEAM. Salah satu kekuatannya terletak pada fleksibilitas kurikulum dan kepercayaan kepada guru. Dalam banyak sekolah dasar dan menengah di Finlandia, proyek lintas disiplin berbasis STEAM merupakan praktik standar yang menggabungkan isu-isu kehidupan nyata seperti perubahan iklim, teknologi digital, dan keberlanjutan. Menurut Sahlberg (2015), keberhasilan pendidikan Finlandia tidak hanya ditentukan oleh konten, tetapi oleh kultur kolaboratif dan otonomi profesional guru.

Di Singapura, pendekatan STEAM dikelola melalui program terstruktur seperti Applied Learning Programme (ALP) di sekolah menengah, yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika ke dalam proyek berbasis masalah. Penekanan diberikan pada kemampuan inovatif siswa dan aplikasinya dalam konteks lokal. Studi oleh Chua & Tan (2021) menunjukkan bahwa integrasi STEAM dalam ALP secara signifikan meningkatkan literasi teknologi dan motivasi belajar siswa.

Amerika Serikat, sebagai pelopor konsep STEM yang berkembang menjadi STEAM, memiliki berbagai model implementasi yang variatif. National Science Foundation dan berbagai lembaga swadaya masyarakat mendukung pengembangan kurikulum dan pelatihan guru dalam STEAM. Salah satu praktik terbaik adalah proyek Project Lead The Way (PLTW), yang memberikan akses kurikulum berbasis desain thinking dan pemecahan masalah nyata. Menurut Wang et al. (2020), sekolah-sekolah yang menerapkan PLTW menunjukkan peningkatan capaian belajar siswa dalam bidang teknologi dan rekayasa secara signifikan.

Di Jepang, praktik STEAM berakar kuat pada filosofi pendidikan yang menghargai keindahan, ketekunan, dan eksplorasi. Pendekatan "monozukuri" yang menekankan keterampilan membuat dan desain inovatif menjadi jembatan antara seni dan teknik dalam pendidikan vokasi. Pemerintah Jepang melalui Kementerian Pendidikan (MEXT) mendorong pengintegrasian teknologi digital dan sains terapan ke dalam kurikulum kejuruan secara progresif, dengan memfasilitasi laboratorium inovatif dan pelatihan guru.

Australia menunjukkan praktik kuat dalam STEAM melalui pendekatan inklusif dan berbasis komunitas. Banyak sekolah memanfaatkan kerjasama dengan universitas, pusat riset, dan industri lokal untuk mendesain proyek STEAM. Program "Maker Space" menjadi salah satu simbol keberhasilan pendekatan ini. Hasil riset oleh Thomas (2022) menyebutkan bahwa partisipasi siswa dalam Maker Space meningkatkan rasa kepemilikan terhadap proses belajar, kemampuan kolaboratif, dan pemecahan masalah nyata.

Korea Selatan menerapkan pendekatan STEAM untuk mendorong kreativitas nasional dan menghadapi tantangan ketenagakerjaan masa depan. Pemerintah membentuk pusat STEAM nasional dan menyediakan program pelatihan berkelanjutan bagi guru. Penelitian oleh Kim & Park (2020) menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam program STEAM memiliki kemampuan berpikir komputasional dan kreativitas lebih tinggi dibanding kelompok kontrol.

Praktik STEAM di Jerman menonjol melalui integrasi dengan sistem dual vocational training. Sekolah vokasi bekerja sama erat dengan industri dalam merancang kurikulum dan proyek berbasis STEAM yang nyata. Pendekatan ini memperkuat keterhubungan antara teori dan praktik serta menumbuhkan kompetensi kerja yang kontekstual. Studi oleh Müller (2019) menyoroti bagaimana pendekatan ini meningkatkan transisi siswa dari sekolah ke dunia kerja.

Kanada menerapkan model pembelajaran STEAM dengan penekanan pada rekonsiliasi budaya dan eksplorasi lokal. Program di provinsi British Columbia menunjukkan bagaimana pendekatan ini digunakan untuk mengintegrasikan pengetahuan lokal dan tradisi masyarakat adat ke dalam proyek sains dan seni.

Pendekatan ini menumbuhkan kesadaran multikultural dan keberlanjutan dalam pendidikan STEAM.

China telah mengembangkan kebijakan besar-besaran untuk mendorong pendidikan STEM dan STEAM sebagai strategi pembangunan nasional. Kurikulum nasional mengadopsi proyek-proyek lintas disiplin yang menggabungkan robotik, AI, seni visual, dan matematika. Data dari World Bank (2021) menunjukkan peningkatan literasi digital dan sains siswa China secara signifikan sejak integrasi kurikulum STEAM.

Di Indonesia, walau implementasi STEAM belum menyeluruh, beberapa sekolah telah menerapkan pendekatan ini secara inovatif. SMK-SMK yang tergabung dalam program Center of Excellence (CoE) mulai mengembangkan Teaching Factory berbasis proyek yang memadukan prinsip STEAM. Kolaborasi dengan industri lokal juga menjadi bagian dari strategi penguatan keterampilan abad 21. Studi oleh Astuti dan Ramadhani (2023) menunjukkan bahwa implementasi STEAM di SMK bidang kreatif dan kuliner mampu meningkatkan daya cipta siswa serta kepuasan pembelajaran. Namun, tantangan seperti keterbatasan pelatihan guru, sarana-prasarana, dan fleksibilitas kurikulum masih menjadi hambatan utama.

Praktik baik global menunjukkan bahwa pendekatan STEAM paling efektif jika didukung oleh kebijakan nasional yang kuat, pelatihan guru berkelanjutan, dan kemitraan lintas sektor. Di banyak negara, investasi pada guru menjadi kunci utama keberhasilan implementasi STEAM. Model-model yang sukses juga menekankan pentingnya asesmen autentik dan pembelajaran reflektif. Penggunaan portofolio, presentasi proyek, dan rubrik kinerja menjadi bagian penting dari strategi evaluasi yang tidak hanya mengukur hasil akhir, tetapi juga proses berpikir siswa.

Secara umum, praktik baik STEAM global menunjukkan bahwa keberhasilan terletak pada keterpaduan antar disiplin, koneksi dengan kehidupan nyata, dan penguatan karakter serta kompetensi transversal. Pendidikan tidak hanya ditujukan untuk menghasilkan tenaga kerja, tetapi pemikir dan pencipta masa depan. Relevansi dari studi global ini bagi Indonesia sangat besar. Dalam konteks pendidikan vokasi, pendekatan STEAM membuka peluang untuk reorientasi kurikulum dari sekadar

keterampilan teknis menjadi pembelajaran yang menyeluruh, kreatif, dan kontekstual. Guru SMK perlu memahami bahwa STEAM bukan tren, melainkan kebutuhan strategis.

Inspirasi dari praktik-praktik global ini dapat diadaptasi secara lokal sesuai karakteristik budaya, sumber daya, dan program keahlian. Kolaborasi dengan lembaga internasional, pelibatan komunitas, serta penciptaan ekosistem inovasi lokal menjadi jalan adaptif dan berkelanjutan.

Dengan mengamati berbagai praktik baik global ini, maka langkah selanjutnya adalah membangun roadmap nasional untuk pendidikan STEAM, yang melibatkan semua pemangku kepentingan: pemerintah, sekolah, industri, komunitas, dan guru. Inilah arah strategis bagi transformasi pendidikan vokasi Indonesia.

## F. Rekomendasi Strategis untuk Guru SMK

Pembelajaran STEAM telah menjadi pendekatan pendidikan transformatif di berbagai negara, terutama dalam menjawab tantangan abad ke-21. Konsep ini diterapkan secara luas untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi. Studi global tentang praktik baik pembelajaran STEAM menunjukkan bahwa pendekatan ini berhasil meningkatkan engagement siswa, kualitas pembelajaran lintas disiplin, serta kesiapan mereka menghadapi dunia kerja dan tantangan sosial masa depan.

Finlandia dikenal sebagai negara dengan sistem pendidikan paling progresif dalam menerapkan pendekatan STEAM. Salah satu kekuatannya terletak pada fleksibilitas kurikulum dan kepercayaan kepada guru. Dalam banyak sekolah dasar dan menengah di Finlandia, proyek lintas disiplin berbasis STEAM merupakan praktik standar yang menggabungkan isu-isu kehidupan nyata seperti perubahan iklim, teknologi digital, dan keberlanjutan. Menurut Sahlberg (2015), keberhasilan pendidikan Finlandia tidak hanya ditentukan oleh konten, tetapi oleh kultur kolaboratif dan otonomi profesional guru.

Di Singapura, pendekatan STEAM dikelola melalui program terstruktur seperti Applied Learning Programme (ALP) di sekolah menengah, yang mengintegrasikan sains,

teknologi, rekayasa, seni, dan matematika ke dalam proyek berbasis masalah. Penekanan diberikan pada kemampuan inovatif siswa dan aplikasinya dalam konteks lokal. Studi oleh Chua & Tan (2021) menunjukkan bahwa integrasi STEAM dalam ALP secara signifikan meningkatkan literasi teknologi dan motivasi belajar siswa.

Amerika Serikat, sebagai pelopor konsep STEM yang berkembang menjadi STEAM, memiliki berbagai model implementasi yang variatif. National Science Foundation dan berbagai lembaga swadaya masyarakat mendukung pengembangan kurikulum dan pelatihan guru dalam STEAM. Salah satu praktik terbaik adalah proyek Project Lead The Way (PLTW), yang memberikan akses kurikulum berbasis desain thinking dan pemecahan masalah nyata. Menurut Wang et al. (2020), sekolah-sekolah yang menerapkan PLTW menunjukkan peningkatan capaian belajar siswa dalam bidang teknologi dan rekayasa secara signifikan.

Di Jepang, praktik STEAM berakar kuat pada filosofi pendidikan yang menghargai keindahan, ketekunan, dan eksplorasi. Pendekatan "monozukuri" yang menekankan keterampilan membuat dan desain inovatif menjadi jembatan antara seni dan teknik dalam pendidikan vokasi. Pemerintah Jepang melalui Kementerian Pendidikan (MEXT) mendorong pengintegrasian teknologi digital dan sains terapan ke dalam kurikulum kejuruan secara progresif, dengan memfasilitasi laboratorium inovatif dan pelatihan guru.

Australia menunjukkan praktik kuat dalam STEAM melalui pendekatan inklusif dan berbasis komunitas. Banyak sekolah memanfaatkan kerjasama dengan universitas, pusat riset, dan industri lokal untuk mendesain proyek STEAM. Program "Maker Space" menjadi salah satu simbol keberhasilan pendekatan ini. Hasil riset oleh Thomas (2022) menyebutkan bahwa partisipasi siswa dalam Maker Space meningkatkan rasa kepemilikan terhadap proses belajar, kemampuan kolaboratif, dan pemecahan masalah nyata.

Korea Selatan menerapkan pendekatan STEAM untuk mendorong kreativitas nasional dan menghadapi tantangan ketenagakerjaan masa depan. Pemerintah membentuk pusat STEAM nasional dan menyediakan program pelatihan berkelanjutan bagi guru. Penelitian oleh Kim & Park (2020) menunjukkan bahwa siswa yang terlibat

dalam program STEAM memiliki kemampuan berpikir komputasional dan kreativitas lebih tinggi dibanding kelompok kontrol.

Praktik STEAM di Jerman menonjol melalui integrasi dengan sistem dual vocational training. Sekolah vokasi bekerja sama erat dengan industri dalam merancang kurikulum dan proyek berbasis STEAM yang nyata. Pendekatan ini memperkuat keterhubungan antara teori dan praktik serta menumbuhkan kompetensi kerja yang kontekstual. Studi oleh Müller (2019) menyoroti bagaimana pendekatan ini meningkatkan transisi siswa dari sekolah ke dunia kerja.

Kanada menerapkan model pembelajaran STEAM dengan penekanan pada rekonsiliasi budaya dan eksplorasi lokal. Program di provinsi British Columbia menunjukkan bagaimana pendekatan ini digunakan untuk mengintegrasikan pengetahuan lokal dan tradisi masyarakat adat ke dalam proyek sains dan seni. Pendekatan ini menumbuhkan kesadaran multikultural dan keberlanjutan dalam pendidikan STEAM.

China telah mengembangkan kebijakan besar-besaran untuk mendorong pendidikan STEM dan STEAM sebagai strategi pembangunan nasional. Kurikulum nasional mengadopsi proyek-proyek lintas disiplin yang menggabungkan robotik, AI, seni visual, dan matematika. Data dari World Bank (2021) menunjukkan peningkatan literasi digital dan sains siswa China secara signifikan sejak integrasi kurikulum STEAM.

Di Indonesia, walau implementasi STEAM belum menyeluruh, beberapa sekolah telah menerapkan pendekatan ini secara inovatif. SMK-SMK yang tergabung dalam program Center of Excellence (CoE) mulai mengembangkan Teaching Factory berbasis proyek yang memadukan prinsip STEAM. Kolaborasi dengan industri lokal juga menjadi bagian dari strategi penguatan keterampilan abad 21.

Studi oleh Astuti dan Ramadhani (2023) menunjukkan bahwa implementasi STEAM di SMK bidang kreatif dan kuliner mampu meningkatkan daya cipta siswa serta kepuasan pembelajaran. Namun, tantangan seperti keterbatasan pelatihan guru, sarana-prasarana, dan fleksibilitas kurikulum masih menjadi hambatan utama.

Praktik baik global menunjukkan bahwa pendekatan STEAM paling efektif jika didukung oleh kebijakan nasional yang kuat, pelatihan guru berkelanjutan, dan kemitraan lintas sektor. Di banyak negara, investasi pada guru menjadi kunci utama keberhasilan implementasi STEAM.

Model-model yang sukses juga menekankan pentingnya asesmen autentik dan pembelajaran reflektif. Penggunaan portofolio, presentasi proyek, dan rubrik kinerja menjadi bagian penting dari strategi evaluasi yang tidak hanya mengukur hasil akhir, tetapi juga proses berpikir siswa.

Secara umum, praktik baik STEAM global menunjukkan bahwa keberhasilan terletak pada keterpaduan antar disiplin, koneksi dengan kehidupan nyata, dan penguatan karakter serta kompetensi transversal. Pendidikan tidak hanya ditujukan untuk menghasilkan tenaga kerja, tetapi pemikir dan pencipta masa depan.

Relevansi dari studi global ini bagi Indonesia sangat besar. Dalam konteks pendidikan vokasi, pendekatan STEAM membuka peluang untuk reorientasi kurikulum dari sekadar keterampilan teknis menjadi pembelajaran yang menyeluruh, kreatif, dan kontekstual. Guru SMK perlu memahami bahwa STEAM bukan tren, melainkan kebutuhan strategis.

Inspirasi dari praktik-praktik global ini dapat diadaptasi secara lokal sesuai karakteristik budaya, sumber daya, dan program keahlian. Kolaborasi dengan lembaga internasional, pelibatan komunitas, serta penciptaan ekosistem inovasi lokal menjadi jalan adaptif dan berkelanjutan.

Dengan mengamati berbagai praktik baik global ini, maka langkah selanjutnya adalah membangun roadmap nasional untuk pendidikan STEAM, yang melibatkan semua pemangku kepentingan: pemerintah, sekolah, industri, komunitas, dan guru. Inilah arah strategis bagi transformasi pendidikan vokasi Indonesia.

## BAB 4.

### KERANGKA TPACK UNTUK PEMBELAJARAN ABAD 21

*“Antara Teknologi, Pedagogi, dan Hati yang Mengajar”*

Apa jadinya jika seorang guru menguasai teknologi canggih, namun gagap menyampaikan makna? Atau sebaliknya, memahami isi kurikulum luar kepala, namun tak paham cara memediasikan pembelajaran yang menyentuh siswa abad 21? Di sinilah TPACK hadir, bukan sekadar kerangka teori, melainkan filosofi pengajaran masa depan di mana guru menjadi peramu bijak antara teknologi, pedagogi, dan konten, dengan satu bahan rahasia: *jiwa pengabdian*.

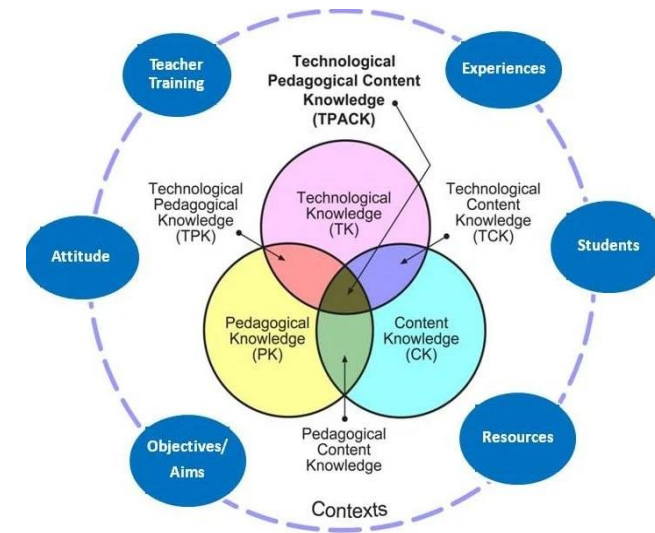
TPACK bukan akronim yang kaku. Ia adalah peta untuk menavigasi peran guru dalam lanskap pendidikan yang cair, kompleks, dan disruptif. Seorang guru SMK hari ini tak lagi cukup menjadi penyampai materi. Ia harus menjadi arsitek pengalaman belajar yang mampu mengintegrasikan *gadget dan gagasan, aplikasi dan afeksi, konten dan konteks*, dalam satu ekosistem pembelajaran yang otentik.

Bab ini bukan hanya akan menjelaskan apa itu TPACK secara teoretik. Ia akan mengajak kita menyelami esensinya sebagai *kerangka kerja, lensa reflektif, dan jalan transformasi*. Kita akan menelusuri komponen-komponennya, memahami bagaimana mengintegrasikannya ke dalam Kurikulum Merdeka, menyingkap tantangan implementatif di SMK, dan merancang strategi untuk menilai sekaligus menguatkan kompetensi guru berbasis TPACK.

Jika teknologi adalah alat, pedagogi adalah cara, dan konten adalah isi maka TPACK adalah seni menyatukan semuanya dalam satu simfoni pembelajaran. Sebuah simfoni di mana guru SMK adalah konduktornya. Maka bersiaplah bukan hanya untuk memahami TPACK, tetapi untuk *menjadi* TPACK itu sendiri: fleksibel, adaptif, dan visioner.

#### A. Pengertian dan Komponen TPACK

Kerangka TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) merupakan model konseptual yang menggabungkan tiga domain utama pengetahuan yang dibutuhkan guru abad ke-21: pengetahuan konten (Content Knowledge/CK), pengetahuan pedagogis (Pedagogical Knowledge/PK), dan pengetahuan teknologi (Technological Knowledge/TK). Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Mishra dan Koehler (2006), yang berpendapat bahwa guru tidak dapat mengajar secara efektif di era digital hanya dengan memahami satu aspek saja—ketiganya harus terintegrasi secara sinergis.



Gambar 4.1. TPACK

Dalam konteks pendidikan vokasi seperti SMK, pendekatan TPACK menjadi semakin relevan. Guru SMK tidak hanya dituntut menguasai bidang keahlian yang spesifik (konten), tetapi juga ditantang untuk menyampaikan materi tersebut dengan pendekatan pedagogis yang sesuai dengan karakter siswa vokasi, sekaligus

mengintegrasikan teknologi terkini yang relevan dengan dunia industri. Kombinasi ini memungkinkan pembelajaran menjadi lebih hidup, kontekstual, dan bermakna.

Pengetahuan konten (CK) merujuk pada pemahaman guru terhadap materi pelajaran yang diajarkannya. Bagi guru SMK, ini berarti penguasaan terhadap kompetensi keahlian tertentu seperti teknik mesin, tata boga, atau desain grafis. CK menjadi dasar utama yang harus kokoh, karena tanpa pemahaman substansi yang dalam, proses pengajaran akan kehilangan akurasi dan otoritas akademik.

Pengetahuan pedagogis (PK) mencakup wawasan guru tentang teori belajar, pendekatan instruksional, strategi pengelolaan kelas, serta pemahaman terhadap karakteristik siswa. Dalam hal ini, guru SMK harus mampu menggunakan strategi pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran kolaboratif, serta pendekatan kontekstual yang sesuai dengan dunia kerja.

Sementara itu, pengetahuan teknologi (TK) mencakup penguasaan guru terhadap berbagai perangkat, aplikasi, dan platform digital yang dapat digunakan untuk menunjang pembelajaran. TK tidak hanya berarti mampu menggunakan PowerPoint atau Google Classroom, tetapi juga menyangkut literasi digital yang lebih luas seperti penggunaan Learning Management System (LMS), media sosial edukatif, simulasi industri, hingga teknologi augmented reality (AR) dalam praktik kejuruan.

TPACK bukan sekadar gabungan tiga pengetahuan tersebut, melainkan integrasi harmonis yang menghasilkan empat wilayah tambahan: Pedagogical Content Knowledge (PCK), Technological Content Knowledge (TCK), Technological Pedagogical Knowledge (TPK), dan puncaknya adalah Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) itu sendiri. Setiap interseksi tersebut merepresentasikan keahlian mengajar yang kompleks dan saling terhubung.

PCK menggambarkan kemampuan guru dalam mengajarkan konten tertentu secara pedagogis. Misalnya, guru otomotif harus memahami bagaimana menyampaikan materi tentang sistem injeksi bahan bakar dengan metode yang mudah dipahami oleh siswa dengan latar belakang praktik.

TCK berkaitan dengan pemilihan teknologi yang tepat untuk menyampaikan konten. Seorang guru multimedia, misalnya, harus tahu bagaimana memanfaatkan software desain atau simulasi 3D agar siswa lebih mudah memahami teknik visualisasi.

TPK merujuk pada pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat mendukung strategi pembelajaran. Ini mencakup pemilihan media, metode interaktif, serta pengelolaan kelas digital.

Ketika CK, PK, dan TK bertemu secara utuh dalam praktik mengajar, maka lahirlah TPACK sebagai kompetensi puncak guru dalam merancang pembelajaran era digital. TPACK bukan hanya teori, melainkan praksis yang dapat diukur, dikembangkan, dan diinternalisasi dalam proses pembelajaran sehari-hari.

Menurut Koehler et al. (2013), penerapan TPACK mendorong guru untuk berpikir reflektif dan inovatif dalam memilih media, merancang pendekatan belajar, serta menyesuaikan materi dengan kebutuhan siswa. Hal ini membuat pembelajaran menjadi lebih dinamis, terfokus, dan tidak terjebak pada rutinitas.

Penelitian oleh Schmidt et al. (2009) menunjukkan bahwa guru yang mengintegrasikan TPACK memiliki efektivitas pengajaran yang lebih tinggi dan mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih responsif terhadap kebutuhan abad 21. Hal ini sangat penting bagi guru SMK yang harus membekali siswa dengan kompetensi kerja sekaligus kecakapan hidup.

Dalam studi lainnya, Chai, Koh, dan Tsai (2016) menggarisbawahi bahwa pemahaman TPACK yang kuat mendorong guru untuk berani melakukan inovasi pembelajaran berbasis teknologi, seperti blended learning, flipped classroom, dan pembelajaran berbasis masalah (problem-based learning).

Adopsi TPACK juga mencerminkan perubahan paradigma guru dari sekadar penyampai ilmu menjadi fasilitator, mentor, dan desainer pembelajaran. Guru SMK yang menguasai TPACK dapat menciptakan pengalaman belajar yang tidak hanya informatif tetapi juga transformatif.

Namun, penerapan TPACK tidak dapat berjalan otomatis tanpa pelatihan dan dukungan sistemik. Diperlukan program pengembangan profesional yang memungkinkan guru mengeksplorasi perangkat teknologi baru, berbagi praktik baik, serta melakukan refleksi pedagogis secara berkelanjutan.

TPACK juga menuntut adanya kurikulum fleksibel yang mendukung integrasi teknologi dan pendekatan diferensiasi dalam pengajaran. Kurikulum Merdeka memberi ruang bagi guru untuk lebih leluasa mengembangkan pendekatan TPACK dalam konteks lokal dan kebutuhan siswa.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia mulai menekankan pentingnya kerangka TPACK dalam penguatan literasi digital guru. Modul pelatihan guru, platform Guru Belajar, dan pelatihan bersertifikat lainnya kini dirancang untuk mengakomodasi integrasi TPACK sebagai bagian dari kompetensi pedagogis digital.

Dengan memahami dan menerapkan TPACK, guru SMK tidak hanya akan menjadi pengajar yang handal, tetapi juga pemimpin pembelajaran yang siap menghadapi tantangan abad ke-21. Transformasi pendidikan dimulai dari ruang kelas yang sadar teknologi, sadar konteks, dan sadar makna.

## B. Integrasi Teknologi, Pedagogi, dan Konten

Integrasi teknologi, pedagogi, dan konten dalam kerangka TPACK bukan sekadar menyatukan tiga domain keilmuan, melainkan menyulamkannya menjadi satu kesatuan yang hidup dalam praktik pembelajaran. Di dalam kelas, guru tidak cukup hanya paham materi ajar atau mampu menyampaikan dengan metode tertentu, tetapi juga harus mampu menjembatani antara ketiganya agar pembelajaran menjadi kontekstual, relevan, dan transformatif. Dalam konteks SMK, integrasi ini menjadi pondasi penting untuk memastikan bahwa siswa memperoleh pengalaman belajar yang aplikatif, adaptif, dan mencerminkan realitas dunia kerja.

Integrasi teknologi (TK) bukan berarti sekadar memanfaatkan alat digital, tetapi juga memahami karakteristik teknologi yang digunakan dan bagaimana alat tersebut dapat memperkuat pendekatan pedagogis dan penyampaian konten. Misalnya,

penggunaan platform pembelajaran seperti Moodle atau Google Classroom tidak cukup hanya sebagai media unggah materi, tetapi juga sebagai ruang kolaboratif yang membangun interaksi antarsiswa dan guru. Hal ini menuntut guru untuk memiliki sensitivitas terhadap media digital yang digunakan.

Pedagogi (PK) sebagai pendekatan pembelajaran memainkan peran krusial dalam menentukan strategi interaksi, asesmen, dan penyajian materi. Dalam integrasi TPACK, pedagogi bukan hanya soal metode mengajar, tetapi juga mencakup bagaimana guru memfasilitasi, memediasi, dan menginspirasi proses belajar siswa. Di sinilah dibutuhkan inovasi dalam pendekatan seperti problem-based learning (PBL), inquiry-based learning, flipped classroom, hingga project-based learning (PjBL), yang semuanya dapat diperkuat dengan dukungan teknologi.

Sementara itu, konten (CK) adalah materi ajar yang bersifat domain-spesifik. Dalam pendidikan SMK, konten bukan hanya teori, tetapi juga keterampilan terapan dan pengetahuan kontekstual yang sesuai dengan kebutuhan industri. Oleh karena itu, integrasi CK dengan TK dan PK harus dirancang sedemikian rupa agar mencerminkan praktik nyata dan tidak terjebak pada pembelajaran yang artifisial atau textbook-oriented.

Menurut Mishra dan Koehler (2006), keberhasilan integrasi ketiga domain ini tergantung pada kemampuan guru untuk mengadopsi *design thinking* dalam merancang pembelajaran. Artinya, guru dituntut untuk melihat kebutuhan siswa, menciptakan solusi belajar, dan mengevaluasi efektivitas pendekatan yang digunakan secara iteratif dan reflektif. Ini menjadi pendekatan yang sangat kontekstual dengan dunia vokasi yang dinamis.

Penelitian oleh Angeli dan Valanides (2009) menekankan bahwa guru yang efektif dalam integrasi TPACK adalah mereka yang mampu melakukan penyesuaian strategi pembelajaran berdasarkan jenis konten dan kompleksitas teknologi yang digunakan. Dengan kata lain, tidak semua teknologi cocok untuk semua materi. Pemilihan media dan pendekatan pedagogis harus didasarkan pada analisis konten dan profil siswa.

Dalam praktiknya, guru SMK dapat menerapkan integrasi TPACK dengan cara menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang menekankan pada hubungan antara materi pelajaran, strategi pengajaran, dan alat teknologi pendukung. Sebagai contoh, pembelajaran tentang sistem rem pada kendaraan dapat dilengkapi dengan video simulasi interaktif, didiskusikan dalam format diskusi kelompok online, lalu diikuti dengan tugas praktik di bengkel sekolah.

Kurikulum Merdeka memberi ruang fleksibel bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran berbasis integrasi TPACK. Guru diberi keleluasaan untuk memilih materi esensial, merancang modul ajar sendiri, serta menyusun asesmen autentik yang mencerminkan capaian kompetensi riil. Hal ini menjadi peluang besar bagi guru SMK untuk merancang pembelajaran yang bermakna dan berdampak.

Salah satu contoh sukses integrasi TPACK dalam pembelajaran vokasi ditunjukkan oleh program *Teaching Factory*, di mana siswa belajar dengan model produksi nyata, didukung teknologi digital, serta pembelajaran yang berbasis proyek. Dalam model ini, guru bertindak sebagai fasilitator dan manajer pembelajaran, bukan sebagai sumber utama informasi.

Kolaborasi antar guru juga penting dalam memperkuat integrasi TPACK. Tim pengajar dari berbagai mata pelajaran dapat bekerja bersama merancang proyek lintas bidang yang menggabungkan teknologi (misal: desain digital), pedagogi (misal: kerja tim), dan konten (misal: produksi barang/jasa). Hal ini menumbuhkan budaya inovatif dalam pembelajaran di SMK.

Namun demikian, tantangan utama integrasi TPACK adalah rendahnya literasi digital dan pedagogi inovatif sebagian guru. Survei Balitbang Kemdikbud (2022) menunjukkan bahwa meskipun 78% guru menggunakan teknologi dalam pembelajaran, hanya 32% yang mampu merancang pembelajaran dengan pendekatan pedagogis yang terintegrasi teknologi secara utuh.

Oleh karena itu, dibutuhkan dukungan kebijakan, pelatihan berkelanjutan, serta komunitas belajar profesional yang memungkinkan guru bertumbuh dalam

memahami dan menerapkan TPACK. Inisiatif seperti Program Sekolah Penggerak dan Platform Merdeka Mengajar dapat menjadi katalisator dalam mempercepat proses ini.

Refleksi terhadap praktik integrasi TPACK juga penting dilakukan secara berkala. Guru perlu mengevaluasi efektivitas pembelajaran, respon siswa, serta ketercapaian tujuan pembelajaran untuk terus menyempurnakan rancangan yang ada. Ini menjadi proses *learning by doing* yang esensial dalam ekosistem sekolah vokasi.

Lebih lanjut, integrasi TPACK dapat mendukung pembangunan karakter dan kompetensi soft skills siswa. Misalnya, penggunaan teknologi dalam proyek kolaboratif dapat meningkatkan kemampuan komunikasi, problem solving, hingga literasi digital siswa semua ini merupakan tuntutan dunia kerja masa depan.

Model integrasi TPACK juga memperkuat pembelajaran berbasis diferensiasi. Guru dapat merancang strategi yang sesuai dengan kebutuhan individual siswa, baik dari segi kecepatan belajar, minat, maupun gaya belajar. Hal ini membantu menciptakan inklusi dan keadilan dalam proses pendidikan.

Dalam konteks global, integrasi TPACK telah menjadi pendekatan yang diadopsi dalam banyak sistem pendidikan maju. Negara seperti Finlandia, Singapura, dan Korea Selatan menjadikan TPACK sebagai bagian dari pengembangan profesional guru secara sistemik. Indonesia pun kini sedang bergerak ke arah yang sama.

Kesimpulannya, integrasi teknologi, pedagogi, dan konten bukan sekadar upaya teknis, melainkan transformasi mindset guru dalam melihat proses belajar sebagai ruang interaksi kompleks antara manusia, informasi, dan teknologi. Di tangan guru SMK yang visioner, integrasi TPACK adalah jalan menuju pembelajaran yang bermakna dan masa depan siswa yang lebih cerah.

### C. Tantangan Implementasi TPACK di SMK

Meskipun kerangka TPACK menawarkan integrasi yang holistik antara teknologi, pedagogi, dan konten, implementasinya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dihadapkan pada beragam tantangan struktural, kultural, dan teknis. Dalam banyak kasus, guru mengalami kesenjangan antara pemahaman teoretik TPACK dengan

penerapan nyatanya di kelas. Hal ini menjadi titik krusial dalam upaya mewujudkan pembelajaran abad 21 yang benar-benar kontekstual dan berbasis kompetensi.

Tantangan pertama terletak pada aspek kompetensi guru. Sebagian besar guru SMK belum mendapatkan pelatihan sistematis terkait TPACK. Survei yang dilakukan oleh Direktorat SMK (2022) menunjukkan bahwa hanya sekitar 28% guru SMK yang memiliki pemahaman menyeluruh tentang tiga domain TPACK dan bagaimana mengintegrasikannya dalam praktik pembelajaran. Sebagian besar lainnya masih memisahkan penggunaan teknologi dari pendekatan pedagogi dan konten ajar.

Kedua, terbatasnya infrastruktur teknologi menjadi penghambat serius. Banyak SMK, terutama di daerah terpencil dan tertinggal, belum memiliki akses terhadap perangkat digital, koneksi internet yang stabil, atau platform pembelajaran daring yang mendukung interaktivitas. Hal ini menciptakan kesenjangan digital (*digital divide*) yang memperlebar ketimpangan kualitas pembelajaran antar wilayah.

Ketiga, resistensi terhadap perubahan juga menjadi tantangan yang signifikan. Sebagian guru merasa nyaman dengan metode konvensional dan belum melihat urgensi untuk bertransformasi. Perubahan pedagogi yang menuntut integrasi teknologi sering kali dianggap sebagai beban tambahan, bukan sebagai peluang inovasi. Hal ini diperparah oleh budaya kerja di sekolah yang kurang mendukung kolaborasi dan refleksi profesional.

Keempat, kurangnya dukungan kebijakan dan insentif juga menjadi faktor penghambat. Meskipun Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah menginisiasi berbagai program seperti Platform Merdeka Mengajar, pelatihan TPACK belum dijadikan bagian integral dari peningkatan kompetensi guru secara nasional. Selain itu, belum ada skema insentif yang mendorong guru untuk terus bereksperimen dan mengembangkan model pembelajaran TPACK.

Kelima, kurikulum yang padat dan penilaian yang berorientasi pada hasil akhir sering kali menyulitkan guru untuk menerapkan TPACK secara mendalam. Guru cenderung fokus mengejar ketercapaian indikator standar tanpa sempat

mengintegrasikan pendekatan-pendekatan inovatif yang membutuhkan waktu, perencanaan, dan refleksi yang lebih luas.

Keenam, kurangnya kolaborasi lintas bidang juga menghambat implementasi TPACK. Idealnya, guru-guru dari mata pelajaran berbeda di SMK dapat bekerja sama dalam menyusun proyek pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten secara lintas disiplin. Namun kenyataannya, banyak guru masih bekerja secara individual dan sektoral.

Ketujuh, minimnya model praktik baik (*best practices*) yang dapat dijadikan rujukan di tingkat lokal juga membuat guru kesulitan dalam memahami cara mengimplementasikan TPACK secara efektif. Meskipun ada banyak studi kasus global, namun masih sedikit dokumentasi yang relevan dan kontekstual dengan kondisi pembelajaran di SMK Indonesia.

Delapan, lemahnya sistem monitoring dan evaluasi pembelajaran berbasis TPACK menyebabkan kesulitan dalam mengukur efektivitas implementasi. Tanpa sistem asesmen yang holistik, guru cenderung kembali pada pendekatan tradisional yang lebih mudah diukur melalui ujian konvensional.

Kesembilan, adanya miskonsepsi bahwa penggunaan teknologi otomatis meningkatkan kualitas pembelajaran. Padahal, teknologi tanpa desain pedagogi yang tepat justru bisa menjadi distraksi. Guru perlu memahami bahwa esensi TPACK adalah integrasi strategis dan reflektif, bukan sekadar adopsi alat teknologi terbaru.

Kesepuluh, tantangan dalam pengembangan diri guru juga menjadi hambatan. Banyak guru belum terbiasa melakukan refleksi pembelajaran, riset tindakan kelas, atau berbagi praktik melalui forum profesional. Padahal, TPACK menuntut guru untuk menjadi pembelajar sepanjang hayat.

Untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut, pendekatan sistemik perlu dikembangkan. Sekolah perlu membangun ekosistem belajar yang mendukung kolaborasi guru, menyediakan pelatihan yang berkelanjutan, serta menciptakan ruang eksperimentasi pedagogi yang aman. Kepala sekolah dan pengawas perlu memainkan

peran strategis sebagai pemimpin pembelajaran yang mendorong dan mengapresiasi inovasi guru.

Selain itu, perguruan tinggi penyedia program pendidikan guru juga harus mulai merancang kurikulum yang menempatkan TPACK sebagai kerangka utama dalam pelatihan calon guru SMK. Mahasiswa keguruan perlu dibekali dengan pengalaman langsung dalam merancang pembelajaran berbasis teknologi dan pedagogi reflektif sejak masa studi.

Perlu juga dikembangkan bank praktik baik TPACK di SMK yang dapat diakses secara terbuka. Guru-guru inovatif dapat berbagi RPP, video pembelajaran, asesmen, dan refleksi yang dapat dijadikan inspirasi oleh guru lain. Ini akan membentuk budaya belajar kolektif di kalangan guru SMK.

Penelitian tindakan kelas (PTK) juga dapat menjadi alat yang kuat untuk memetakan tantangan implementasi TPACK secara kontekstual dan mengembangkan solusi berbasis bukti. Dengan demikian, guru tidak hanya menjadi pelaksana, tetapi juga peneliti terhadap praktiknya sendiri.

Terakhir, transformasi mindset menjadi kunci utama. Guru perlu mengadopsi pola pikir pembelajar (*growth mindset*) dan melihat tantangan sebagai peluang untuk tumbuh. TPACK bukan tujuan akhir, tetapi proses pembelajaran berkelanjutan untuk menciptakan kelas yang hidup, responsif, dan transformatif.

#### **D. Penilaian dan Evaluasi Kompetensi TPACK**

Mengukur kompetensi TPACK guru SMK bukanlah sekadar menilai penguasaan teknologi atau kefasihan menyampaikan materi, melainkan menilai keterpaduan dan kecakapan dalam mengorkestrasi ketiga elemen utama: Teknologi, Pedagogi, dan Konten. Evaluasi TPACK memerlukan pendekatan holistik, kontekstual, dan reflektif yang tidak hanya berbasis instrumen formal, tetapi juga pada praktik nyata di kelas dan kesiapan guru dalam merespons tantangan pembelajaran abad 21.

Menurut Schmidt et al. (2009), terdapat tujuh domain utama yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kompetensi TPACK, yaitu: *Content*

*Knowledge* (CK), *Pedagogical Knowledge* (PK), *Technological Knowledge* (TK), serta empat integrasi antar-komponen: PCK (*Pedagogical Content Knowledge*), TCK (*Technological Content Knowledge*), TPK (*Technological Pedagogical Knowledge*), dan TPACK sebagai sintesis akhir. Setiap domain memiliki indikator performatif yang bisa diukur baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Evaluasi TPACK dapat dilakukan melalui instrumen self-assessment, observasi kelas, wawancara, portofolio digital, dan refleksi profesional. Dalam konteks SMK, pengukuran ini juga dapat dikaitkan dengan hasil proyek siswa, efektivitas penggunaan Learning Management System (LMS), serta keberhasilan integrasi teknologi dalam tugas-tugas berbasis keahlian.

Self-assessment berbasis Likert Scale, seperti TPACK Survey Instrument (Schmidt et al., 2009), masih menjadi instrumen yang banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan guru. Namun demikian, validitas dan reliabilitasnya harus dipastikan sesuai dengan konteks SMK yang memiliki kekhasan pada pendekatan pembelajaran berbasis praktik, laboratorium, dan industri. Penilaian berbasis observasi kelas memungkinkan pengawas atau rekan sejawat menilai bagaimana guru menerapkan TPACK secara nyata. Fokus utama dalam observasi adalah bagaimana guru menyusun pembelajaran berbasis proyek, mengintegrasikan teknologi yang relevan dengan kebutuhan kompetensi, serta menyesuaikan pendekatan pedagogi dengan karakteristik siswa vokasi.

Portofolio digital guru juga dapat menjadi instrumen evaluasi yang kuat. Portofolio ini dapat berisi desain RPP berbasis TPACK, hasil proyek siswa, dokumentasi video pembelajaran, dan refleksi guru terhadap proses pembelajarannya. Portofolio yang dinilai secara rubrikatif dapat mencerminkan pertumbuhan kompetensi TPACK secara longitudinal. Dalam konteks pelatihan guru, asesmen formatif berbasis simulasi atau *microteaching* berbasis TPACK dapat digunakan untuk menilai kemampuan integratif guru secara real-time. Misalnya, guru diminta merancang skenario pembelajaran yang menyatukan teknologi dengan pendekatan pedagogi berbasis kolaborasi dan konten program keahlian tertentu.

Evaluasi TPACK juga memerlukan instrumen refleksi kritis. Guru didorong untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan reflektif seperti: "Bagaimana teknologi ini

memperkuat pencapaian kompetensi siswa saya?", "Apa tantangan yang saya hadapi saat mengintegrasikan konten kejuruan dengan pendekatan berbasis proyek digital?", dan "Apa yang akan saya lakukan secara berbeda di pertemuan berikutnya?". Selain itu, evaluasi berbasis dampak juga dapat dikembangkan. Misalnya, bagaimana keterampilan teknologi siswa meningkat setelah guru mengimplementasikan pendekatan TPACK? Sejauh mana siswa lebih memahami materi kejuruan melalui media interaktif? Evaluasi berbasis hasil belajar siswa akan memberikan data triangulatif terhadap efektivitas penerapan TPACK oleh guru.

Dalam sistem pengembangan profesi berkelanjutan (CPD), penilaian TPACK dapat dijadikan dasar perencanaan pelatihan individu. Guru dengan skor rendah di aspek TPK, misalnya, dapat difasilitasi pelatihan dalam mendesain pembelajaran kolaboratif berbasis aplikasi daring. Guru yang unggul di TK namun lemah di CK dapat diarahkan untuk memperdalam konten bidang keahliannya. Platform digital seperti Platform Merdeka Mengajar (PMM) juga dapat dioptimalkan sebagai alat asesmen dan pelaporan kompetensi TPACK guru. Pengembangan dashboard kinerja berbasis TPACK akan sangat membantu kepala sekolah dan pengawas dalam memetakan kebutuhan pelatihan guru secara lebih personal.

Dari sisi kebijakan, penting untuk mengintegrasikan asesmen TPACK dalam sistem UKG (Uji Kompetensi Guru) atau sertifikasi guru vokasi. Penilaian tidak lagi hanya pada penguasaan konten dan pedagogi secara terpisah, tetapi integrasi dinamis yang mencerminkan kebutuhan zaman. Bagi sekolah, asesmen kompetensi TPACK guru dapat menjadi bagian dari penjaminan mutu internal. SMK yang menilai dan memantau implementasi TPACK secara berkala akan memiliki peta jalan pengembangan guru yang lebih jelas, terukur, dan adaptif terhadap kebutuhan industri dan dunia kerja.

Akhirnya, evaluasi TPACK harus diarahkan bukan pada penghakiman, tetapi sebagai sarana pertumbuhan profesional. Guru perlu dilibatkan dalam proses evaluasi secara aktif dan diberikan ruang untuk mencoba, gagal, belajar, dan tumbuh. Budaya belajar guru harus dibangun sejajar dengan budaya belajar siswa. Dengan penilaian TPACK yang terstruktur, reflektif, dan terintegrasi, guru SMK akan semakin siap menjadi pembelajar sepanjang hayat dan fasilitator pembelajaran masa depan. Subbab

selanjutnya akan membahas bagaimana kerangka TPACK disinergikan dalam desain Kurikulum Merdeka sebagai strategi inovatif pembelajaran SMK.

## E. TPACK dalam Desain Kurikulum Merdeka

Desain Kurikulum Merdeka memberikan ruang yang luas bagi guru untuk merancang pembelajaran yang lebih kontekstual, kolaboratif, dan berpusat pada peserta didik. Dalam kerangka ini, TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) berperan sebagai fondasi penting untuk memastikan bahwa teknologi tidak hanya dihadirkan sebagai alat bantu, melainkan sebagai bagian integral dari proses belajar-mengajar. Integrasi TPACK ke dalam Kurikulum Merdeka memungkinkan guru SMK mendesain pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan industri, perkembangan teknologi, dan karakteristik generasi Z.

Dalam Kurikulum Merdeka, guru dituntut untuk menyusun *alur tujuan pembelajaran* dan *capaian pembelajaran* yang bersifat fleksibel, kontekstual, dan transdisipliner. Di sinilah peran TPACK menjadi vital. Pengetahuan tentang konten (CK) memungkinkan guru memahami materi vokasi yang kompleks. Pedagogical Knowledge (PK) memungkinkan guru memilih strategi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik SMK. Dan Technological Knowledge (TK) memungkinkan guru memanfaatkan teknologi untuk menciptakan pembelajaran berbasis proyek, simulasi industri, atau pengalaman digital interaktif.

Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL), pembelajaran berdiferensiasi, dan asesmen formatif. Dalam konteks ini, TPACK menjadi alat desain kurikulum yang memungkinkan guru mengombinasikan pengetahuan konten dengan pendekatan pedagogi aktif, serta pemanfaatan teknologi digital. Sebagai contoh, guru teknik mesin dapat mengintegrasikan simulasi CAD (TK), pedagogi kolaboratif (PK), dan materi tentang mesin CNC (CK) ke dalam satu proyek terstruktur.

Integrasi TPACK juga memungkinkan pengembangan modul ajar yang lebih adaptif. Guru tidak lagi hanya menjadi pengajar konten, melainkan desainer pengalaman belajar. Modul ajar Kurikulum Merdeka yang ditulis dengan perspektif TPACK akan

mencantumkan: teknologi yang digunakan, strategi pembelajaran yang diterapkan, serta konten kejuruan yang menjadi fokus utama. Modul seperti ini lebih kontekstual dan memudahkan guru lain untuk mengadaptasi sesuai dengan kebutuhan kelas.

Desain pembelajaran berbasis TPACK dalam Kurikulum Merdeka juga mendorong keterlibatan siswa dalam pembelajaran aktif, kreatif, dan reflektif. Dengan pendekatan ini, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penuntasan materi, melainkan pada pembentukan kompetensi nyata yang dapat diterapkan di dunia kerja. Hal ini sejalan dengan profil Pelajar Pancasila yang menjadi arah transformasi Kurikulum Merdeka.

TPACK dalam Kurikulum Merdeka juga sangat relevan dengan kebutuhan pembelajaran lintas mata pelajaran. Dalam pendekatan ini, guru-guru dari berbagai program keahlian dapat berkolaborasi untuk mendesain pembelajaran terpadu. Sebagai contoh, guru produktif otomotif dapat bekerja sama dengan guru informatika dan guru Bahasa Indonesia untuk menciptakan proyek pembuatan e-book panduan teknis otomotif dalam bentuk digital. Kolaborasi seperti ini hanya dapat terjadi apabila masing-masing guru memiliki kerangka kerja TPACK yang kokoh.

Peran kepala sekolah dalam mengembangkan budaya TPACK juga menjadi penting. Kurikulum Merdeka memberi kewenangan lebih luas kepada satuan pendidikan untuk merancang kurikulum operasional sekolah. Kepala SMK yang memahami pentingnya TPACK akan memfasilitasi pelatihan internal, refleksi guru, dan pengembangan komunitas belajar profesional untuk memastikan integrasi TPACK berjalan efektif. Evaluasi terhadap penerapan TPACK dalam Kurikulum Merdeka dapat dilakukan melalui asesmen portofolio guru, observasi praktik mengajar, hingga pengukuran efektivitas pembelajaran melalui hasil proyek siswa. Hal ini dapat dimasukkan dalam sistem penjaminan mutu internal sekolah sebagai indikator keberhasilan implementasi Kurikulum Merdeka.

Integrasi TPACK dalam Kurikulum Merdeka juga akan membantu sekolah dalam memenuhi standar akreditasi terbaru yang menekankan pembelajaran berdiferensiasi, pemanfaatan teknologi, serta penguatan karakter. Dengan kerangka TPACK, guru dapat membuktikan bahwa mereka telah menyusun RPP dan melaksanakan

pembelajaran sesuai dengan arah kebijakan nasional. Pemerintah daerah, dinas pendidikan, dan Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan (LPMP) juga dapat menjadikan kompetensi TPACK sebagai salah satu indikator dalam program supervisi, pelatihan, dan pendampingan implementasi Kurikulum Merdeka di tingkat SMK.

TPACK dalam Kurikulum Merdeka bukan hanya pendekatan metodologis, melainkan representasi dari guru masa depan yang reflektif, adaptif, dan transformatif. Guru yang memiliki kompetensi TPACK tidak akan kesulitan merancang pembelajaran berbasis tantangan dunia nyata, teknologi masa kini, dan kebutuhan siswa yang beragam. Dengan demikian, desain Kurikulum Merdeka menjadi lebih kontekstual, fleksibel, dan bumi jika dilandaskan pada kerangka TPACK. Integrasi ini akan melahirkan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa SMK dan membekali mereka dengan kompetensi yang relevan untuk era digital.

## **F. Skema Penguatan Profesionalisme Guru melalui TPACK**

Penguatan profesionalisme guru SMK di abad ke-21 tidak bisa dilepaskan dari kompetensi integratif yang mencakup tiga domain utama: pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten. Kerangka TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) menyediakan paradigma baru dalam pengembangan guru yang tidak hanya menekankan pada aspek konten keilmuan, tetapi juga keterampilan pedagogis yang efektif dan kemampuan adaptif dalam mengelola teknologi pendidikan. TPACK tidak sekadar menjadi model, tetapi sebagai fondasi transformatif bagi profesionalisme guru di era digital.

Profesionalisme guru dalam perspektif TPACK dapat dipahami sebagai kapasitas guru untuk menyatukan tiga domain keilmuan dalam konteks pembelajaran riil. Guru yang profesional adalah mereka yang mampu memilih teknologi secara bijak (*technological judgment*), menyelaraskan pendekatan pedagogi dengan karakteristik siswa (*pedagogical sensitivity*), serta menyampaikan konten dengan cara yang otentik dan bermakna (*content articulation*). Ketiganya harus menjadi satu kesatuan praksis dalam proses pengajaran. Penelitian oleh Mishra & Koehler (2006) telah menegaskan bahwa pengembangan guru berbasis TPACK menuntut proses belajar berkelanjutan, kolaboratif, dan kontekstual. Dalam konteks SMK, penguatan profesionalisme guru

melalui TPACK harus dirancang berbasis kebutuhan program keahlian, tantangan pembelajaran vokasi, dan ekspektasi industri terhadap lulusan. Artinya, tidak ada satu pendekatan tunggal; setiap guru harus membangun TPACK-nya secara personal dan dinamis.

Skema penguatan profesionalisme guru berbasis TPACK dapat dimulai dari fase pemetaan kompetensi awal. Guru dapat melakukan asesmen mandiri maupun melalui supervisi rekan sejawat untuk mengidentifikasi kekuatan dan area yang perlu dikembangkan dalam ketiga domain TPACK. Misalnya, guru unggul dalam CK (*Content Knowledge*) namun masih lemah di TK (*Technological Knowledge*), maka pelatihan difokuskan pada literasi teknologi. Fase berikutnya adalah pengembangan kompetensi melalui pelatihan berbasis praktik. Model pelatihan in service training berbasis lesson study atau teaching clinic yang menerapkan pendekatan TPACK akan lebih berdampak dibanding sekadar seminar satu arah. Guru didorong untuk merancang, mencoba, dan merefleksikan pembelajaran berbasis TPACK secara nyata, dengan bimbingan mentor atau fasilitator.

Platform digital seperti PMM (Platform Merdeka Mengajar), LMS sekolah, atau komunitas belajar daring dapat dimanfaatkan untuk membangun ekosistem pembelajaran profesional guru. Dalam platform tersebut, guru dapat saling berbagi praktik baik, modul ajar, media pembelajaran digital, serta diskusi reflektif tentang tantangan integrasi TPACK. Hal ini menciptakan komunitas pembelajar yang aktif dan kolaboratif. Mentoring dan coaching menjadi komponen penting dalam skema ini. Guru senior yang telah menguasai integrasi TPACK dapat menjadi mentor bagi guru pemula. Pola pendampingan ini memungkinkan transfer praktik nyata, diskusi kasus kelas, dan refleksi kolektif. Selain itu, pendekatan ini memperkuat hubungan antar guru dan membangun budaya belajar profesional yang sehat.

TPACK juga dapat dijadikan sebagai kerangka dalam menyusun portofolio profesional guru. Dalam portofolio tersebut, guru menyusun refleksi terhadap praktik pembelajaran berbasis TPACK, menyajikan bukti implementasi, hasil proyek siswa, dan rencana tindak lanjut peningkatan kompetensi. Portofolio ini dapat menjadi instrumen akuntabilitas profesional sekaligus alat evaluasi kinerja. Skema penguatan

profesionalisme melalui TPACK juga harus didukung oleh kepemimpinan sekolah yang visioner. Kepala sekolah perlu membangun visi pengembangan guru berbasis digital dan menyediakan ruang inovasi pedagogi. Fasilitasi pelatihan, penyediaan sarana teknologi, dan waktu khusus untuk refleksi guru merupakan bentuk konkret dari kepemimpinan yang mendukung TPACK. Kolaborasi lintas sekolah dan kemitraan dengan dunia industri juga menjadi strategi kunci. Guru SMK yang memiliki pengalaman magang di industri dapat lebih memahami teknologi terkini, yang kemudian dapat diintegrasikan ke dalam desain pembelajaran. Industri juga dapat dilibatkan dalam evaluasi portofolio TPACK untuk memastikan relevansi dengan kebutuhan dunia kerja.

Penguatan profesionalisme guru melalui TPACK juga harus dikaitkan dengan sistem insentif dan jenjang karier. Sertifikasi guru, kenaikan pangkat, dan pemberian penghargaan dapat didasarkan pada bukti penguasaan dan praktik TPACK. Ini akan mendorong guru untuk terus belajar dan mengembangkan diri secara profesional. Pengembangan TPACK tidak hanya menasar guru, tetapi juga tenaga kependidikan, seperti kepala program keahlian dan pengembang kurikulum di tingkat sekolah. Mereka harus memahami bagaimana mendesain kurikulum, asesmen, dan pengembangan materi ajar yang berbasis TPACK agar terjadi sinergi antar lini dalam penguatan mutu pembelajaran.

Dukungan dari dinas pendidikan daerah juga penting dalam memperkuat implementasi TPACK. Program pelatihan, supervisi akademik, dan lomba inovasi pembelajaran dapat diarahkan untuk memetakan dan mengembangkan kompetensi TPACK guru secara sistemik dan terukur. Dari perspektif teoritik, pendekatan TPACK juga dapat dikembangkan menjadi model CPD (*Continuing Professional Development*) yang berkelanjutan. Guru tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis, tetapi juga mengembangkan kapasitas reflektif, inovatif, dan kolaboratif. Ini akan mengarah pada transformasi peran guru dari pengajar menjadi fasilitator dan pembelajar sepanjang hayat.

TPACK juga dapat dimasukkan dalam rencana strategis sekolah. Setiap SMK dapat merancang roadmap pengembangan profesional guru selama lima tahun dengan indikator capaian berbasis TPACK. Roadmap ini memuat pelatihan, pengembangan

media digital, asesmen, kolaborasi, dan evaluasi berkelanjutan. Pada akhirnya, skema penguatan profesionalisme guru SMK melalui TPACK adalah jalan menuju transformasi mutu pembelajaran vokasi. Guru yang menguasai TPACK akan mampu menciptakan pengalaman belajar yang otentik, bermakna, dan relevan dengan masa depan siswa. Mereka tidak hanya menjadi pelaksana kurikulum, tetapi juga desainer pembelajaran dan pemimpin perubahan di kelas. TPACK bukanlah tujuan akhir, melainkan kendaraan menuju guru yang berdaya, siswa yang merdeka, dan pendidikan vokasi yang unggul. Dengan komitmen, dukungan, dan sistem yang terintegrasi, skema ini dapat membentuk ekosistem pembelajaran guru SMK yang lebih inovatif dan profesional.

## BAB 5.

# LITERASI KODING SEBAGAI KOMPETENSI DASAR DIGITAL

Bayangkan sejenak: sebuah papan tulis kosong, bukan untuk ditulisi kapur, tapi untuk ditulisi *kode*. Di atasnya bukan hanya angka dan huruf, tapi potongan logika, algoritma, dan struktur berpikir futuristik. Di era Society 5.0 ini, guru tidak hanya memegang spidol, tetapi juga memegang kunci ke dunia digital dan salah satu kuncinya adalah koding.

Koding bukan sekadar aktivitas mengetik karakter aneh di layar hitam. Ia adalah *bahasa baru pendidikan*. Sebagaimana bahasa Inggris menjadi gerbang globalisasi, maka koding adalah gerbang ke masa depan. Menguasainya bukan hanya untuk menjadi programmer, tetapi untuk memahami dunia yang kini dibentuk oleh logika digital. Dunia yang kita hadapi setiap hari: saat membuka ponsel, menyentuh mesin kasir, mengendalikan drone, atau menyusun laporan pembelajaran.

Banyak guru mungkin berpikir, “Koding? Itu bukan untuk saya.” Tapi justru karena alasan itulah, bab ini hadir. Di sini, kita tidak bicara tentang mencetak teknisi, melainkan mendekodekan masa depan bagi para pendidik. Karena sesungguhnya, koding adalah alat baru untuk menyusun narasi pembelajaran. Sama seperti pena di tangan guru sastra, atau kuas di tangan guru seni—koding adalah alat ekspresi dan transformasi pendidikan.

Bab ini akan membawa guru SMK menyelami makna filosofis koding, memperkenalkan bahasa pemrograman yang bersahabat untuk pendidikan, mengajak berpikir komputasional, dan menunjukkan bahwa siapapun bisa mengajar koding bahkan tanpa latar belakang IT! Akan dibahas juga praktik nyata guru-guru vokasi yang menyulap ruang kelas menjadi laboratorium algoritma, serta strategi konkret membangun literasi koding sebagai bagian tak terpisahkan dari profesionalisme guru abad 21.

Selamat datang di kelas masa depan. Di mana papan tulis bisa berubah menjadi layar, proyek siswa bisa ditulis dalam Python atau Scratch, dan guru menjadi *arsitek digital learning*. Ini bukan revolusi yang menakutkan, ini revolusi yang memerdekakan. Karena pendidikan tak lagi cukup dengan pengetahuan ia butuh *struktur logika* dan *imajinasi digital*.

## A. Koding: Definisi, Filosofi, dan Urgensi

Koding, dalam konteks pendidikan masa kini, bukan hanya tentang menulis perintah dalam bahasa pemrograman tertentu, melainkan tentang membangun cara berpikir sistematis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah. Secara sederhana, koding atau *coding* adalah proses menulis instruksi yang dimengerti oleh komputer untuk menjalankan tugas tertentu. Namun, di balik kesederhanaan definisinya tersembunyi filosofi mendalam yang mengubah paradigma belajar dan mengajar. Di era digital yang semakin kompleks, koding menjadi jembatan antara logika dan imajinasi, antara teknologi dan nilai-nilai edukatif yang holistik.

Filosofi koding bertumpu pada prinsip berpikir komputasional (*computational thinking*), yakni seperangkat keterampilan kognitif yang memungkinkan individu memecahkan masalah dengan pendekatan logis, terstruktur, dan efisien (Wing, 2006). Prinsip ini mencakup empat pilar utama: dekomposisi (memecah masalah besar menjadi bagian kecil), pengenalan pola, abstraksi, dan perumusan algoritma. Koding mengajarkan siswa dan guru untuk tidak hanya memahami dunia sebagai fakta-fakta acak, tetapi sebagai sistem yang dapat dibangun, diuji, dan diperbaiki. Ini adalah cara berpikir yang sangat dibutuhkan dalam dunia kerja abad ke-21.

Dalam konteks filosofi pendidikan, koding dapat dianggap sebagai bentuk baru dari *literasi kritis* (Freire, 1970) yang memungkinkan guru dan siswa membaca dunia digital sekaligus menuliskannya kembali dalam bentuk program, aplikasi, atau sistem yang berdampak nyata. Koding bukanlah keterampilan yang netral, melainkan sarana emansipasi untuk menavigasi dunia yang dibentuk oleh algoritma. Hal ini sejalan dengan visi pendidikan humanistik yang memberdayakan peserta didik untuk menjadi pencipta, bukan hanya konsumen teknologi.

Urgensi literasi koding semakin mengemuka seiring dengan berkembangnya teknologi di segala sektor kehidupan. Menurut laporan *World Economic Forum* (2023), keterampilan berbasis teknologi seperti *coding* dan *data analysis* termasuk dalam 10 besar kompetensi paling dicari di dunia kerja global. Di Indonesia sendiri, Kementerian Komunikasi dan Informatika melalui program *Digital Talent Scholarship* (2022) menekankan pentingnya pelatihan koding sebagai salah satu bentuk *digital upskilling* nasional.

Bagi guru SMK, koding bukan semata tuntutan teknis, melainkan peluang pedagogis untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan relevan. Melalui integrasi koding, guru dapat mengubah pembelajaran yang bersifat prosedural menjadi eksploratif. Misalnya, guru teknik otomotif dapat mengajarkan logika *microcontroller* menggunakan Arduino, sementara guru akuntansi dapat menggunakan Python untuk pengolahan data keuangan. Inilah bentuk transformasi pedagogi yang mendekatkan dunia sekolah dengan realitas industri 4.0 dan society 5.0.

Koding juga berperan penting dalam membangun budaya inovasi di sekolah. Menurut penelitian Papavlasopoulou et al. (2021), penerapan *coding education* pada guru dan siswa berdampak signifikan pada peningkatan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta kolaborasi lintas disiplin. Dengan kata lain, koding adalah alat strategis untuk membentuk profil lulusan yang adaptif, solutif, dan kolaboratif ciri utama lulusan SMK yang diharapkan.

Dari sudut pandang filosofi pendidikan teknologi, koding mencerminkan pemahaman Heidegger (1977) tentang *enframing*—bahwa teknologi bukan sekadar alat, tetapi cara pandang terhadap dunia. Guru yang menguasai koding akan mampu mengarahkan teknologi secara sadar dan etis, bukan terjebak menjadi budaknya. Ini penting dalam membangun pendidikan digital yang tetap bermartabat dan manusiawi.

Lebih lanjut, UNESCO dalam laporan *Artificial Intelligence and Education* (2021) menggarisbawahi pentingnya mengintegrasikan literasi koding dalam kurikulum, tidak hanya untuk membekali keterampilan teknis, tetapi juga untuk memahami etika dan implikasi sosial dari sistem berbasis algoritma. Hal ini sangat relevan bagi SMK yang

tidak hanya mencetak tenaga kerja terampil, tetapi juga warga digital yang bertanggung jawab.

Koding juga mendorong munculnya pembelajaran berbasis proyek dan *maker education*. Guru yang terbiasa dengan koding akan lebih mudah mengarahkan siswa untuk membuat produk nyata, seperti aplikasi mobile, alat otomatisasi, atau animasi interaktif. Pendekatan ini sangat efektif dalam meningkatkan motivasi belajar dan *engagement* siswa, sebagaimana dilaporkan dalam studi oleh Grover & Pea (2018) yang menunjukkan bahwa keterlibatan dalam proyek koding meningkatkan ketekunan belajar hingga 28%.

Di tengah tantangan disrupsi, guru yang memahami koding dapat memainkan peran sebagai juru bicara perubahan dan inovasi. Mereka mampu membaca tren digital dan mentransformasikannya menjadi metode pembelajaran yang kontekstual dan menantang. Koding memberi guru bahasa baru untuk menyampaikan makna pendidikan yang lebih relevan dan aktual.

Perlu disadari bahwa literasi koding bukan hanya tentang penggunaan alat-alat digital, tetapi juga tentang membangun *digital mindset* yang kritis dan kreatif. Hal ini menuntut guru untuk meninggalkan zona nyaman dan bersedia mempelajari hal-hal baru. Dalam proses ini, kolaborasi antarguru dan pelatihan berkelanjutan sangat penting untuk membangun budaya belajar bersama.

Koding juga memperluas peluang inklusi dalam pendidikan. Dengan dukungan platform visual seperti Scratch, Blockly, dan MIT App Inventor, siswa berkebutuhan khusus atau dengan gaya belajar berbeda dapat tetap terlibat dalam aktivitas koding. Inilah keunggulan koding sebagai pendekatan pedagogi diferensiatif yang inklusif.

Dalam praktiknya, guru dapat mulai dari hal-hal sederhana. Misalnya, guru bisnis daring dapat mengajak siswa membuat website toko online menggunakan HTML dasar. Guru tata busana dapat memperkenalkan simulasi desain pakaian berbasis digital. Koding tidak harus dimulai dari kompleksitas, tetapi dari kebutuhan dan konteks belajar siswa.

Koding juga membuka ruang bagi penilaian yang lebih otentik. Proyek koding memungkinkan guru menilai tidak hanya hasil akhir, tetapi juga proses berpikir, strategi penyelesaian masalah, dan refleksi siswa terhadap karyanya. Hal ini mendorong penilaian formatif yang lebih bermakna dan berorientasi pada pembentukan karakter serta kompetensi abad 21.

Literasi koding juga mendukung agenda *Merdeka Belajar*. Dengan koding, siswa memiliki ruang untuk belajar mandiri, mengeksplorasi minat, dan menunjukkan kreativitasnya. Guru cukup menjadi fasilitator, mentor, dan *coach* dalam proses ini. Koding mengajarkan pada guru dan siswa bahwa belajar adalah proses aktif dan penuh kemungkinan.

Dalam ekosistem SMK, koding dapat menjadi penghubung antara mata pelajaran umum dan kejuruan. Ia dapat menjembatani pembelajaran lintas bidang seperti matematika, fisika, teknologi informasi, hingga seni. Pendekatan *STEAM-based coding* telah terbukti meningkatkan integrasi kurikulum yang lebih bermakna (Kafai et al., 2020).

Perluasan literasi koding juga memperkuat daya saing guru di tingkat lokal maupun global. Guru yang menguasai koding memiliki peluang lebih besar dalam mengikuti pelatihan internasional, program beasiswa digital, maupun kolaborasi inovatif lintas negara. Ini adalah bagian dari peningkatan kapasitas profesionalisme guru vokasi di era globalisasi.

Akhirnya, urgensi koding tidak dapat dibantah lagi. Ia bukan tren sesaat, tapi fondasi penting dalam ekosistem pendidikan masa depan. Menolak koding sama saja dengan menolak bahasa masa depan. Namun menyambutnya bukan berarti harus menjadi ahli IT, cukup menjadi guru yang mau belajar, bereksperimen, dan berbagi.

## **B. Bahasa Pemrograman Populer di Dunia Pendidikan**

Di era digital yang terus berevolusi, pemahaman tentang bahasa pemrograman menjadi aspek penting dalam penguatan kompetensi guru dan siswa. Bahasa pemrograman bukan lagi domain eksklusif bagi pakar teknologi informasi, melainkan

telah merambah ke ruang-ruang kelas dan laboratorium vokasi. Di seluruh dunia, berbagai bahasa pemrograman telah diadopsi dalam konteks pendidikan, baik untuk siswa pemula hingga tingkat lanjutan. Subbab ini akan membahas bahasa-bahasa pemrograman yang populer di dunia pendidikan, sekaligus menganalisis karakteristik, keunggulan, dan konteks penggunaannya dalam pembelajaran SMK.

Salah satu bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan dalam pendidikan adalah Scratch, sebuah bahasa visual berbasis blok yang dikembangkan oleh MIT. Scratch dirancang khusus untuk pemula, terutama anak-anak dan remaja, agar mereka dapat memahami konsep dasar pemrograman tanpa harus bergulat dengan sintaks yang kompleks. Dengan sistem *drag and drop*, pengguna bisa menyusun logika program layaknya menyusun puzzle. Scratch sangat ideal untuk guru non-IT karena dapat digunakan untuk mengajarkan logika pemrograman dasar, storytelling digital, animasi, dan game sederhana. UNESCO (2022) mendorong penggunaan Scratch dalam konteks inklusi digital dan pendidikan awal komputasi.

Selain Scratch, Blockly juga menjadi alternatif populer. Blockly merupakan platform pengembangan visual berbasis JavaScript yang dikembangkan oleh Google. Kelebihannya adalah fleksibilitas dalam integrasi dengan sistem lain, seperti App Inventor dan platform robotik. Blockly banyak digunakan dalam konteks robotika pendidikan dan coding berbasis proyek. Guru dapat menggunakan Blockly untuk membuat simulasi, kontrol perangkat, dan pengembangan perangkat lunak sederhana tanpa menulis kode manual.

Untuk jenjang lebih lanjut, Python menempati posisi utama sebagai bahasa pemrograman yang sangat populer di dunia pendidikan dan industri. Python dikenal karena sintaksnya yang bersih, mudah dibaca, dan cocok untuk berbagai keperluan dari analisis data, kecerdasan buatan, hingga pengembangan web. Menurut survei Stack Overflow Developer Survey (2023), Python masuk tiga besar bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan di dunia. Banyak universitas dan sekolah vokasi menjadikan Python sebagai bahasa pengantar dalam mata pelajaran informatika, data science, dan otomasi industri.

Selain Python, JavaScript juga menonjol dalam dunia pendidikan karena relevansinya dalam pengembangan web dan aplikasi interaktif. Guru desain grafis atau multimedia di SMK dapat menggunakan JavaScript untuk memperkenalkan dasar-dasar *front end development*. Kombinasi HTML, CSS, dan JavaScript memungkinkan siswa membuat website dinamis sebagai bagian dari proyek kewirausahaan digital. JavaScript juga menjadi bahasa utama dalam berbagai platform pembelajaran daring seperti Khan Academy dan Code.org.

HTML dan CSS meskipun bukan bahasa pemrograman murni (HTML adalah markup language, CSS adalah style sheet language), tetap menjadi kompetensi wajib bagi siswa vokasi yang bergerak di bidang desain web, multimedia, atau pemasaran digital. Pemahaman tentang HTML dan CSS penting untuk membekali siswa dengan kemampuan membuat konten digital, profil online, dan media presentasi interaktif yang menarik. Guru SMK bidang bisnis digital, broadcasting, dan DKV sangat terbantu dengan pendekatan ini.

Bagi SMK teknik, C++ dan Arduino adalah bahasa yang tak terpisahkan dari pembelajaran otomasi dan embedded systems. Arduino, yang menggunakan sintaks C++, sangat cocok untuk pembelajaran mikrokontroler, pengembangan alat elektronik sederhana, dan Internet of Things (IoT). Banyak proyek *teaching factory* di SMK memanfaatkan Arduino untuk membuat prototipe alat ukur, sistem keamanan otomatis, atau rumah pintar. Menurut Papavlasopoulou et al. (2021), penggunaan Arduino dalam konteks pendidikan teknik terbukti meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan literasi teknologi siswa.

Java juga memiliki posisi strategis di beberapa institusi pendidikan karena kestabilannya dan fleksibilitas platformnya. Java banyak digunakan untuk pengembangan aplikasi berbasis Android, yang sangat relevan dengan tren *mobile learning*. Guru SMK yang tertarik pada aplikasi seluler dapat mengintegrasikan Java dalam proyek pembelajaran berbasis aplikasi edukatif.

MIT App Inventor, meskipun bukan bahasa pemrograman dalam arti tradisional, merupakan alat pembelajaran yang sangat efektif untuk pengembangan aplikasi Android berbasis blok visual. Platform ini memungkinkan siswa membuat

aplikasi nyata dengan cepat dan intuitif. Banyak guru SMK memanfaatkan App Inventor sebagai alat untuk memfasilitasi pembelajaran lintas bidang seperti kesehatan, kewirausahaan, dan literasi lingkungan melalui pengembangan aplikasi tematik.

PHP dan MySQL juga masih digunakan di berbagai SMK untuk keperluan pembelajaran pengembangan sistem informasi berbasis web. Keduanya umum ditemukan dalam kurikulum Rekayasa Perangkat Lunak atau Sistem Informasi. Guru yang mengajar sistem manajemen data dapat menggunakan kombinasi ini untuk membuat proyek database sederhana seperti sistem inventaris barang, absensi digital, atau pengelolaan data siswa.

Di negara maju, terdapat tren meningkatnya penggunaan R dan MATLAB dalam konteks STEM dan data science education. Meskipun tidak semua SMK di Indonesia menggunakannya, tetapi bahasa ini membuka cakrawala baru bagi guru dan siswa yang ingin menekuni bidang statistik terapan, machine learning, atau riset terapan industri.

Kriteria pemilihan bahasa pemrograman di dunia pendidikan biasanya meliputi beberapa aspek: kemudahan sintaks, komunitas dukungan luas, dokumentasi yang tersedia, dan relevansi industri. Oleh karena itu, penguatan literasi bahasa pemrograman bagi guru SMK perlu mempertimbangkan kebutuhan siswa, bidang keahlian, dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

Penting untuk diingat bahwa pemilihan bahasa pemrograman tidak harus seragam, melainkan fleksibel dan kontekstual. Seorang guru SMK bidang agribisnis mungkin lebih tertarik mengajarkan coding berbasis IoT untuk pertanian cerdas, sementara guru bidang pariwisata dapat memperkenalkan konsep digital branding melalui website interaktif. Literasi koding menjadi jembatan antara disiplin keilmuan dan kreativitas digital.

Penerapan bahasa pemrograman dalam pendidikan juga tidak harus dimulai dari kompleksitas. Banyak platform pembelajaran seperti Code.org, Replit, atau edX menyediakan materi dasar yang dapat diakses guru dan siswa tanpa memerlukan perangkat keras canggih. Dengan kemauan belajar dan dukungan komunitas, guru SMK dapat merancang pembelajaran koding yang efektif dan menyenangkan.

Integrasi bahasa pemrograman dalam kurikulum SMK menuntut perubahan pendekatan pedagogis. Guru tidak hanya menyampaikan teori, tetapi juga memfasilitasi eksplorasi, kolaborasi, dan proyek nyata. Hal ini sejalan dengan filosofi *constructivist learning* (Piaget & Vygotsky) yang menekankan pembelajaran aktif berbasis pengalaman.

Untuk memperkuat penerapan bahasa pemrograman di SMK, diperlukan dukungan kebijakan, pelatihan guru berkelanjutan, dan pengembangan modul pembelajaran yang kontekstual. Pemerintah dan industri perlu bekerja sama menyediakan platform, sumber daya, dan pendampingan bagi guru agar tidak merasa terisolasi dalam proses belajar koding.

Dengan beragam bahasa pemrograman yang tersedia, guru SMK memiliki peluang besar untuk memilih dan merancang pembelajaran digital yang kreatif dan berorientasi masa depan. Setiap bahasa memiliki kekuatan dan kekhasannya masing-masing yang penting adalah bagaimana guru mampu menggunakannya untuk memberdayakan siswa.

### C. Koding dan Computational Thinking

Dalam ekosistem pendidikan abad ke-21, keterampilan berpikir menjadi landasan yang tak terpisahkan dari penguasaan teknologi. Salah satu keterampilan utama yang berkembang seiring dengan meluasnya praktik koding adalah computational thinking atau berpikir komputasional. Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh Jeannette Wing (2006) yang mendefinisikannya sebagai "a fundamental skill for everyone, not just for computer scientists." Artinya, berpikir komputasional bukan sekadar alat bantu teknis, tetapi menjadi pola pikir yang memungkinkan individu menyelesaikan masalah secara sistematis, efisien, dan logis.

Computational thinking mencakup empat komponen utama: dekomposisi (*decomposition*), pengenalan pola (*pattern recognition*), abstraksi (*abstraction*), dan algoritma (*algorithmic thinking*). Dalam konteks SMK, keempatnya menjadi sangat relevan dalam membentuk cara berpikir siswa yang tidak hanya menyelesaikan tugas, tetapi juga mampu merancang solusi dan menyusun langkah-langkah logis dalam

pekerjaan teknis maupun kreatif. Proses pembelajaran berbasis koding menjadi wahana konkret untuk melatih keempat komponen tersebut secara simultan.

Dekomposisi mendorong siswa untuk memecah masalah besar menjadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah dipahami dan ditangani. Misalnya, dalam proyek pembuatan aplikasi kehadiran berbasis Android, siswa harus memecah persoalan menjadi rancangan antarmuka, pengolahan data pengguna, sistem otentikasi, dan penghubung ke database. Proses ini melatih kemampuan berpikir sistematis yang juga penting dalam manajemen proyek dan kewirausahaan digital.

Pengenalan pola memungkinkan siswa melihat kesamaan dan keteraturan dalam berbagai permasalahan. Dalam konteks coding, siswa akan mengenali pola pengulangan (*loop*), kondisi logis (*if-else*), atau struktur data yang serupa di berbagai program. Pengenalan pola ini penting untuk meningkatkan efisiensi kerja dan kemampuan mentransfer pengetahuan ke berbagai konteks.

Abstraksi adalah kemampuan menyaring informasi penting dan mengabaikan yang tidak relevan. Dalam programming, hal ini tampak ketika siswa merancang fungsi atau modul yang dapat digunakan berulang kali. Dalam pendidikan vokasi, kemampuan abstraksi melatih siswa untuk mengambil inti persoalan tanpa terjebak pada detail teknis yang membingungkan.

Algoritma adalah urutan langkah-langkah logis untuk menyelesaikan suatu masalah. Keterampilan ini menjadi fondasi dalam dunia kerja berbasis teknologi, baik dalam otomasi proses, analisis data, hingga pemrograman robotik. Menurut Brennan & Resnick (2012), berpikir algoritmis meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir jangka panjang dan mengantisipasi konsekuensi dari setiap tindakan dalam sistem yang kompleks.

Dalam praktiknya, computational thinking tidak selalu harus diajarkan melalui mata pelajaran informatika semata. Ia dapat ditanamkan dalam berbagai mata pelajaran SMK melalui pendekatan berbasis proyek (*project-based learning*) yang menantang siswa untuk berpikir, membuat, dan menguji solusi. Contoh implementasi di bidang akuntansi adalah penggunaan spreadsheet dengan logika IF dan VLOOKUP, sedangkan di bidang

teknik, siswa bisa menerapkan logika algoritmis dalam pengaturan sensor atau kontrol otomatis.

Pentingnya integrasi computational thinking diakui secara global. Negara seperti Inggris telah menjadikannya bagian inti dari kurikulum komputasi nasional sejak 2014. Di Finlandia, siswa diperkenalkan pada konsep berpikir algoritmis sejak usia dini melalui permainan logika dan visual programming. Di Indonesia, meski belum menjadi bagian eksplisit dari kurikulum, berbagai program literasi digital dan pelatihan guru mulai mendorong pemahaman ini sebagai bagian dari transformasi pembelajaran.

Salah satu tantangan besar adalah belum meratanya pemahaman guru tentang hubungan antara koding dan computational thinking. Banyak guru masih memandang koding sebagai kegiatan teknis, padahal esensinya adalah membangun pola pikir terstruktur. Oleh karena itu, pelatihan guru SMK perlu memperluas perspektif bahwa koding bukan tujuan akhir, tetapi alat untuk melatih nalar dan kecakapan menyelesaikan masalah.

Data dari penelitian Google (2018) menunjukkan bahwa siswa yang belajar koding memiliki peningkatan signifikan dalam keterampilan berpikir logis dan pemecahan masalah dibanding siswa yang tidak belajar koding. Ini menunjukkan bahwa literasi koding bukan hanya keterampilan teknis, tetapi juga memperkaya dimensi kognitif siswa secara luas.

Pendekatan interdisipliner sangat efektif dalam mengembangkan computational thinking. Misalnya, guru multimedia dapat mengajarkan logika animasi melalui script motion, guru otomotif dapat memperkenalkan logika sensor kendaraan cerdas, dan guru tata busana bisa menggunakan koding dalam desain digital atau *wearable technology*. Semakin kontekstual pembelajaran, semakin kuat internalisasi computational thinking.

Keterlibatan guru dalam merancang pembelajaran berbasis computational thinking harus diawali dari kesadaran akan perubahan paradigma. Guru bukan hanya sebagai penyampai informasi, tetapi fasilitator eksplorasi. Pendekatan seperti *design*

*thinking, inquiry-based learning, dan challenge-based learning* sangat mendukung pengembangan pola pikir ini.

Pemanfaatan perangkat lunak visual seperti Scratch, Blockly, atau App Inventor dapat menjadi titik awal yang menyenangkan bagi guru dan siswa yang baru memulai. Dengan visualisasi yang intuitif, konsep dekomposisi, pola, abstraksi, dan algoritma dapat dipelajari secara menyenangkan dan bertahap.

Pentingnya computational thinking juga ditekankan oleh World Economic Forum (2023) sebagai salah satu keterampilan utama abad ke-21 yang harus dimiliki tenaga kerja masa depan. Hal ini memperkuat argumen bahwa literasi digital guru SMK tidak cukup jika hanya berhenti pada penguasaan alat, tetapi harus sampai pada cara berpikir digital yang sistemik.

Evaluasi terhadap keberhasilan pembelajaran berbasis computational thinking dapat dilakukan melalui portofolio proyek, rubrik kreativitas, dan asesmen proses berpikir. Dengan demikian, penilaian tidak hanya fokus pada hasil akhir, tetapi juga menghargai proses berpikir yang mendasari setiap solusi yang dirancang siswa.

Dari sisi filosofi pendidikan, computational thinking menggemakan semangat konstruktivisme dan progresivisme: siswa belajar dengan membangun makna, memecahkan masalah riil, dan menciptakan sesuatu yang bermakna. Ini sejalan dengan visi Kurikulum Merdeka yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam belajar.

Di tengah laju digitalisasi industri, SMK dituntut menghasilkan lulusan yang tidak hanya menguasai keterampilan teknis, tetapi juga mampu berpikir strategis, sistematis, dan kreatif. Oleh karena itu, integrasi koding dan computational thinking dalam kurikulum SMK bukanlah pilihan tambahan, melainkan keharusan yang tak terelakkan.

#### **D. Coding for Teacher: Keterampilan Dasar Guru**

Memasuki era pembelajaran digital dan berbasis proyek, guru SMK dituntut untuk memiliki literasi digital yang bukan hanya bersifat pengguna, melainkan juga pemroduksi konten berbasis teknologi. Salah satu bentuk konkret dari transformasi ini

adalah kemampuan dasar dalam coding atau pemrograman komputer. Bagi banyak guru, terutama yang berlatar belakang non-IT, koding terdengar seperti dunia yang asing dan sulit dijangkau. Namun, realitas pendidikan masa kini menunjukkan bahwa coding telah berevolusi dari sebuah keterampilan teknis menjadi *core competency* yang memperkuat inovasi pembelajaran lintas mata pelajaran.

Coding for teacher adalah pendekatan pembekalan dasar bagi para guru agar mampu memahami, menggunakan, dan mengintegrasikan logika pemrograman sederhana dalam proses mengajar. Tujuannya bukan agar guru menjadi programmer profesional, melainkan agar mereka mampu mendesain pembelajaran yang mengajak siswa berpikir logis, sistematis, dan kreatif. Dengan penguasaan coding, guru dapat menyusun simulasi, alat evaluasi berbasis aplikasi, atau proyek lintas disiplin yang memperkuat capaian kompetensi abad 21.

Kemampuan dasar yang perlu dimiliki guru dalam literasi koding mencakup pemahaman terhadap struktur logika pemrograman seperti urutan (sequence), perulangan (loop), percabangan (conditional), dan variabel. Guru juga perlu mengenal berbagai antarmuka visual seperti Scratch, Blockly, atau App Inventor yang memungkinkan pembelajaran koding tanpa harus menghafal sintaksis rumit. Alat-alat ini sangat cocok untuk memperkenalkan konsep-konsep algoritmik secara visual dan interaktif.

Dalam pelatihan guru yang dilakukan oleh Code.org dan Microsoft Education, ditemukan bahwa pembelajaran koding untuk guru paling efektif dilakukan melalui pendekatan problem-based learning, dimana guru menghadapi tantangan nyata seperti merancang aplikasi sederhana atau membuat animasi edukatif. Pendekatan ini memperkuat pemahaman konseptual sekaligus meningkatkan kepercayaan diri dalam mengajar koding meski tidak berlatar belakang teknologi.

Integrasi coding dalam pembelajaran non-TIK bisa dilakukan dengan berbagai cara. Di mata pelajaran Bahasa Indonesia, misalnya, guru dapat mengajak siswa membuat kuis interaktif berbasis aplikasi. Di bidang ekonomi atau bisnis daring, guru dapat menugaskan siswa membuat kalkulator harga jual otomatis menggunakan spreadsheet

dengan formula dan logika logis. Di jurusan teknik, guru bisa mengintegrasikan mikrokontroler Arduino dalam proyek sensor suhu atau lampu otomatis.

Langkah awal yang dapat dilakukan oleh guru adalah membekali diri dengan pemahaman tentang konsep dasar programming logic. Banyak sumber daring yang menyediakan pelatihan gratis, seperti Google CS First, Code.org, Khan Academy, atau Bebras Challenge. Platform-platform ini dirancang untuk pendidik pemula, dengan tampilan visual yang ramah dan contoh kasus berbasis pendidikan.

Kunci dari keberhasilan literasi koding guru bukan terletak pada kemampuan teknis semata, tetapi pada kemauan untuk belajar dan mencoba. Proses ini sering kali bersifat trial and error, namun dari situ pula muncul kreativitas dan pemahaman yang lebih dalam terhadap logika digital. Guru yang berani mencoba akan menjadi role model nyata bagi siswa tentang pentingnya pembelajaran sepanjang hayat.

Selain pelatihan individu, sekolah juga dapat mendorong kolaborasi antar guru dalam komunitas belajar coding. Misalnya, satu guru TIK dapat menjadi mentor bagi guru lain di sekolah untuk membuat modul pembelajaran berbasis aplikasi sederhana. Program ini terbukti berhasil di beberapa SMK di Jawa Barat, dimana pelatihan guru dilakukan secara kolaboratif dan berkelanjutan.

Salah satu contoh penerapan coding untuk guru adalah penggunaan Scratch dalam pembelajaran IPA. Guru dapat membuat simulasi interaktif tentang siklus air atau sistem pernapasan, di mana siswa tidak hanya menghafal, tetapi turut memprogram proses yang terjadi. Hal ini terbukti meningkatkan daya ingat dan pemahaman konseptual siswa.

Keterampilan coding juga dapat memperkuat posisi guru sebagai inovator dalam pembelajaran Kurikulum Merdeka yang menekankan pada proyek nyata, *differentiated instruction*, dan pembelajaran berbasis minat. Dengan menguasai coding, guru dapat mendesain modul yang tidak hanya adaptif, tetapi juga menyenangkan dan menantang secara intelektual.

Peran kepala sekolah dan manajemen sekolah juga penting dalam mengembangkan kemampuan coding guru. Dukungan berupa penyediaan waktu belajar,

akses platform pelatihan, hingga insentif atas inovasi berbasis koding akan mendorong semakin banyak guru untuk terlibat dalam pembelajaran digital aktif.

Salah satu studi dari UNESCO (2022) menunjukkan bahwa guru yang memiliki keterampilan dasar coding menunjukkan peningkatan signifikan dalam efektivitas penggunaan teknologi pembelajaran. Hal ini mencakup kemampuan memilih platform digital yang tepat, mengembangkan materi interaktif, serta mengukur keterlibatan siswa melalui proyek teknologi.

Pembelajaran coding juga mendukung pengembangan nilai-nilai penting seperti kolaborasi, ketekunan, dan kemampuan berpikir terbuka. Saat guru menghadapi error atau kesalahan sintaks, mereka belajar untuk mencari solusi, mencoba alternatif, dan bertanya pada komunitas. Proses ini adalah bentuk nyata dari karakter pembelajar abad 21.

Untuk mengukur penguasaan keterampilan dasar coding, sekolah dapat menyusun asesmen berbasis proyek dan rubrik kompetensi yang meliputi pemahaman logika algoritma, kemampuan desain aplikasi sederhana, dan penggunaan platform visual coding. Asesmen ini lebih bermakna dibandingkan tes pilihan ganda konvensional.

Keterampilan coding guru juga berperan dalam membentuk budaya digital di sekolah. Dengan hadirnya guru yang mampu berbicara dalam bahasa digital, siswa akan merasa termotivasi untuk lebih mengeksplorasi dunia teknologi secara positif dan produktif. Hal ini memperkuat misi SMK sebagai inkubator inovasi digital lokal.

Pelatihan coding guru sebaiknya juga terintegrasi dengan pengembangan TPACK, di mana keterampilan teknologi diolah bersama pemahaman pedagogi dan konten. Seorang guru matematika yang memahami coding akan lebih mudah mengajarkan konsep logika, algoritma, dan pemecahan masalah dalam format digital yang interaktif.

Dengan berkembangnya perangkat berbasis AI dan pembelajaran otomatis, pemahaman dasar coding juga membantu guru memahami cara kerja teknologi dan menghindari penggunaan teknologi secara membabi buta. Guru akan menjadi pengguna yang kritis, bijak, dan kreatif dalam memilih solusi digital yang mendidik.

Sebagai penutup, coding for teacher adalah investasi masa depan bagi dunia pendidikan. Ia membuka jalan bagi transformasi pedagogi, memperluas cakrawala profesionalisme guru, serta membekali siswa dengan keterampilan yang dibutuhkan untuk berdaya saing di era digital. Subbab selanjutnya akan mengangkat praktik konkret koding dalam proyek-proyek pembelajaran di SMK.

## E. Praktik Koding dalam Proyek SMK

Implementasi pembelajaran koding di SMK tidak harus terkungkung dalam mata pelajaran TIK atau jurusan Rekayasa Perangkat Lunak. Justru kekuatan pendidikan vokasi terletak pada kemampuan integrasi lintas disiplin yang memungkinkan koding menjadi bagian dari solusi nyata dalam proyek-proyek pembelajaran. Subbab ini menggambarkan praktik konkret penerapan literasi koding dalam konteks proyek SMK yang mengedepankan kolaborasi, kreativitas, dan ketepatan teknologi.

Salah satu model penerapan yang efektif adalah pembelajaran berbasis proyek atau *project-based learning* (PjBL) yang mengintegrasikan koding untuk menyelesaikan permasalahan di sekitar siswa. Misalnya, di SMK jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik, siswa merancang sistem penerangan otomatis berbasis sensor gerak menggunakan Arduino dan pemrograman dasar C++. Guru menjadi fasilitator dalam menyusun alur logika dan mendampingi dalam debugging program.

Contoh lain terjadi di SMK jurusan Tata Boga. Guru dan siswa mengembangkan aplikasi katalog digital berbasis AppSheet untuk mendokumentasikan resep, teknik penyajian, hingga estimasi biaya. Meskipun tanpa coding murni, siswa diajak memahami logika data, perulangan, dan alur kerja digital. Hal ini mengajarkan bahwa coding tidak selalu harus bersifat "menulis kode", tetapi juga memahami cara kerja digital tools secara algoritmis.

Di jurusan Desain Komunikasi Visual (DKV), praktik koding diwujudkan dalam pembuatan animasi interaktif dengan Scratch. Siswa merancang simulasi visual mengenai kampanye kesehatan dan keselamatan kerja. Proyek ini tidak hanya menanamkan literasi digital, tetapi juga membangun kesadaran sosial dan kemampuan storytelling melalui teknologi.

SMK bidang perhotelan di Yogyakarta menerapkan proyek "Smart Room" di mana siswa memprogram prototipe kamar hotel dengan perangkat IoT sederhana yang diatur melalui aplikasi berbasis MIT App Inventor. Proyek ini melibatkan guru lintas bidang TIK, bahasa Inggris, dan kejuruan untuk membangun ekosistem pembelajaran STEAM yang utuh.

Pengalaman menarik juga datang dari SMK jurusan Akuntansi dan Keuangan Lembaga. Guru mengarahkan siswa membuat kalkulator laporan keuangan sederhana berbasis Google Spreadsheet dengan script Google Apps Script. Selain belajar koding, siswa memahami proses otomatisasi, efisiensi, dan audit digital secara langsung.

Dalam konteks pembelajaran matematika, guru SMK mengajak siswa membuat permainan edukatif berbasis HTML dan JavaScript sederhana yang mengajarkan logika bilangan dan aljabar. Dengan bantuan platform CodePen, siswa langsung melihat hasil coding mereka dan melakukan iterasi perbaikan secara aktif.

Koding juga dapat diterapkan dalam pembelajaran lintas tema dan lintas kelas. Beberapa sekolah menerapkan *Code Week*, di mana setiap jurusan diberi tantangan menyelesaikan proyek dengan bantuan koding sesuai konteks keahlian mereka. Pendekatan ini tidak hanya menyemai keterampilan digital, tetapi juga kolaborasi dan problem solving lintas disiplin.

Pelaksanaan proyek-proyek koding semacam ini menuntut guru untuk menyusun rubrik penilaian yang berbasis kompetensi proses dan produk. Rubrik dapat mencakup aspek desain logika, efisiensi kode, kerja sama tim, serta daya guna produk akhir. Penilaian tidak hanya bersifat sumatif, tetapi juga formatif melalui refleksi dan peer review.

Dalam konteks Kurikulum Merdeka, proyek koding menjadi wahana ideal untuk melaksanakan *projek penguatan profil pelajar Pancasila* (P5). Misalnya, siswa jurusan teknik kendaraan ringan membuat sistem monitoring emisi kendaraan bermotor menggunakan sensor dan microcontroller, sekaligus mengampanyekan kesadaran lingkungan melalui media digital yang mereka program sendiri.

Praktik-praktik baik ini menunjukkan bahwa koding bukanlah hambatan, melainkan jembatan untuk membangun pembelajaran yang bermakna. Guru memiliki peran vital untuk mengarahkan proyek agar tetap kontekstual, relevan dengan profil siswa, dan selaras dengan capaian kompetensi lulusan SMK.

Tantangan utama dalam implementasi praktik koding di SMK adalah keterbatasan sumber daya dan pelatihan guru. Namun, banyak solusi berbasis komunitas seperti komunitas *micro:bit*, Bebras Indonesia, atau Code for Asia yang menyediakan pelatihan, modul terbuka, dan dukungan mentorship secara daring.

Proyek koding yang berhasil tidak selalu besar dan kompleks. Seringkali, proyek-proyek sederhana seperti membuat alarm digital, penghitung otomatis, atau presentasi interaktif justru menjadi inspirasi yang kuat bagi siswa untuk mendalami dunia teknologi secara mandiri.

Kehadiran praktik koding di SMK juga membuka peluang kolaborasi industri, di mana dunia usaha dan dunia industri (DUDI) dapat menjadi mitra dalam pengembangan proyek berbasis kebutuhan nyata. SMK yang bermitra dengan start-up teknologi, misalnya, dapat mengembangkan aplikasi berbasis lokal yang kemudian digunakan dalam konteks bisnis riil.

Praktik koding juga mendorong munculnya komunitas belajar siswa yang aktif. Beberapa SMK membentuk *Code Club* yang dikelola oleh siswa dan didampingi guru, dengan program rutin seperti *Hackathon Mini*, *Coding Challenge*, hingga sesi *Sharing Tech*. Komunitas ini memperkuat kultur digital inovatif di lingkungan sekolah.

Implementasi koding dalam proyek SMK juga memperkuat nilai-nilai karakter seperti ulet, bertanggung jawab, dan terbuka terhadap kritik. Saat siswa menghadapi error dalam kode mereka, mereka belajar menerima kegagalan sebagai bagian dari proses belajar. Ini adalah nilai-nilai penting yang jarang muncul dalam pembelajaran konvensional.

Pemerintah dan dinas pendidikan daerah dapat mendukung praktik koding di SMK dengan menyediakan hibah peralatan dasar, mengintegrasikan literasi koding dalam RKS dan RKT sekolah, serta mendorong pelaksanaan lomba inovasi digital

antarsekolah. Hal ini memperkuat posisi koding sebagai bagian dari strategi peningkatan mutu sekolah.

Pada akhirnya, praktik koding di SMK adalah tentang menciptakan pengalaman belajar yang relevan, kontekstual, dan memberdayakan. Ia bukan tujuan akhir, tetapi sarana untuk membentuk lulusan yang melek teknologi, kreatif, dan mampu menyelesaikan tantangan dunia nyata.

Dengan semangat belajar sepanjang hayat, guru SMK yang mengadopsi praktik koding dalam pembelajarannya telah melangkah menuju peran baru: bukan sekadar pengajar, tetapi inovator pendidikan digital. Bab selanjutnya akan membahas kisah nyata para guru yang mampu mengajarkan koding meski tanpa latar belakang teknologi formal.

## F. Studi Kasus Guru Mengajar Koding tanpa Latar Belakang IT

Dalam lanskap pendidikan vokasi, muncul berbagai cerita inspiratif dari guru-guru yang berhasil mengajarkan literasi koding meski tidak memiliki latar belakang formal di bidang teknologi informasi. Studi kasus ini menunjukkan bahwa dengan niat belajar yang kuat, dukungan komunitas, dan pendekatan bertahap, koding dapat menjadi keterampilan transformatif yang dapat dikuasai oleh semua guru, tidak terbatas pada guru TIK atau RPL saja.

Di SMK Negeri 2 Garut, seorang guru bahasa Indonesia, Ibu Siti Rohana, menginisiasi proyek digital storytelling menggunakan platform Scratch. Awalnya ia merasa tidak percaya diri karena latar belakangnya murni sastra dan pedagogik. Namun, setelah mengikuti pelatihan daring “Coding untuk Literasi” yang diselenggarakan oleh komunitas Bebras Indonesia, ia mulai memahami konsep dasar logika pemrograman. Proyek pertamanya adalah membuat animasi interaktif puisi siswa yang diunggah ke laman kelas. Respons siswa sangat positif karena metode ini menyenangkan dan inovatif.

Contoh lain datang dari Bapak Supriyadi, guru produktif otomotif di SMK Swasta di Lampung, yang memanfaatkan Arduino dan sensor sederhana untuk mengajarkan prinsip kerja kendaraan ramah lingkungan. Meski awalnya hanya mengenal rangkaian kelistrikan analog, ia belajar secara mandiri dari YouTube dan forum Arduino

Indonesia. Ia memandu siswa dalam membuat prototipe sistem parkir otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan program sederhana dalam bahasa C++.

Di SMK jurusan Akuntansi di Bandung, Ibu Nuryani, guru matematika, memanfaatkan Google Apps Script untuk mengotomatisasi laporan keuangan siswa. Ia tidak memiliki pengalaman coding sebelumnya, tetapi termotivasi setelah melihat siswa merasa terbantu dengan sistem penghitungan otomatis. Ia mengikuti kursus daring dari Coursera tentang otomatisasi spreadsheet, dan kini menjadi pelatih guru lainnya dalam pelatihan tingkat kota.

Dari SMK Kesehatan di Palembang, Bapak Heri, guru biologi, merancang kuis interaktif berbasis HTML dan JavaScript sederhana untuk pembelajaran anatomi. Dengan bantuan template dari W3Schools, ia menyesuaikan pertanyaan dan gambar organ tubuh menjadi kuis interaktif yang bisa diakses di perangkat siswa. Ia mengakui bahwa hambatan terbesar adalah keyakinan diri, bukan teknis.

Di SMK jurusan Tata Busana di Semarang, Ibu Ririn menciptakan katalog digital berbasis AppSheet. Ia mengunggah hasil karya siswa, melengkapinya dengan harga, deskripsi, dan tautan pemesanan. Meski tidak menulis kode secara manual, ia memahami logika aplikasi, struktur database sederhana, dan relasi antar komponen digital. Ia kini dipercaya memimpin tim digitalisasi portofolio siswa.

Beberapa guru mengaku awalnya ragu, bahkan takut salah. Namun, mereka saling menguatkan dalam komunitas belajar mikro, seperti kelompok WhatsApp "Ngoding Bareng Guru" yang beranggotakan lintas mapel dari berbagai provinsi. Forum ini menjadi ruang berbagi template, kesulitan teknis, dan motivasi belajar.

Hal penting dari studi kasus ini adalah bahwa pembelajaran koding tidak harus dimulai dari kompleksitas. Sebaliknya, dimulai dari kebutuhan nyata di kelas: membuat soal interaktif, menyusun laporan otomatis, atau menyampaikan konten secara visual dan digital. Dari kebutuhan tersebut, guru secara alami terdorong untuk mempelajari keterampilan yang mendukung.

Peran kepala sekolah sangat signifikan. Di SMK di Depok, kepala sekolah mewajibkan setiap guru mengikuti "Tantangan Digital 30 Hari" sebuah program yang

mendorong guru membuat minimal satu produk digital berbasis coding atau logika digital. Hasilnya, lebih dari 70% guru berani mencoba App Inventor, Scratch, atau Google Script.

Perubahan mindset menjadi penentu utama. Guru yang tadinya merasa "gaptek" mulai menyadari bahwa dunia digital bukan musuh, melainkan media ekspresi baru. Mereka belajar mengelola kesalahan, bersikap reflektif, dan membangun komunitas belajar bersama siswa. Bahkan, beberapa guru mendorong siswa untuk menjadi tutor bagi guru, menciptakan relasi pembelajaran dua arah.

Studi kasus ini menunjukkan bahwa strategi pengembangan profesional tidak selalu harus melalui jalur formal seperti diklat atau sertifikasi. Pembelajaran berbasis proyek, mentor sebaya, dan pembelajaran sosial daring justru lebih efektif karena kontekstual, fleksibel, dan berbasis kebutuhan nyata.

Hal menarik dari studi kasus ini adalah bahwa guru yang tidak punya latar belakang IT justru lebih sensitif terhadap tantangan siswa. Mereka tidak terjebak dalam bahasa teknis yang rumit, melainkan menyederhanakan logika coding dalam bahasa pembelajaran yang familiar dan inklusif.

Keberhasilan para guru ini juga membuka peluang kolaborasi lintas bidang. Misalnya, guru seni bekerja sama dengan guru TIK untuk membuat pameran digital siswa berbasis web interaktif, atau guru IPS berkolaborasi dengan siswa RPL membuat simulasi peta interaktif berbasis pemrograman geospasial.

Kompetensi dasar yang dikuasai para guru ini meliputi logika alur kerja (flowchart), pengenalan variabel dan kondisi, pengulangan (looping), serta pengorganisasian data sederhana. Semua ini dapat dipelajari melalui platform gratis seperti Code.org, Grasshopper, dan Replit.

Hasil dari studi kasus ini mendorong terciptanya model pelatihan yang lebih kontekstual di berbagai daerah. Misalnya, pelatihan "Ngoding untuk Non-TIK" di Surabaya yang diikuti guru jurusan Pertanian, Tata Rias, dan Otomotif, menunjukkan antusiasme tinggi dan menghasilkan produk pembelajaran digital yang aplikatif.

Literasi coding pada akhirnya tidak hanya tentang teknologi, tetapi tentang keberanian untuk mencoba, kemauan belajar, dan semangat inovasi. Guru-guru ini membuktikan bahwa literasi digital bukanlah soal usia atau latar belakang, melainkan tentang cara pandang terhadap perubahan.

Kisah-kisah ini adalah cermin bahwa inovasi tidak dimulai dari keahlian, tetapi dari tekad untuk tidak berhenti belajar. Guru yang dulunya gagap teknologi kini menjadi narasumber di pelatihan, dan menjadi role model perubahan di sekolah masing-masing.

Studi kasus ini menunjukkan bahwa kunci penguatan literasi koding di SMK bukan hanya kurikulum atau perangkat, tetapi keberanian guru untuk melangkah dari zona nyaman. Dalam bab berikutnya, kita akan menyusun langkah sistematis sebagai Rencana Aksi Literasi Koding bagi guru SMK, agar transformasi yang telah dimulai dapat berlangsung secara berkelanjutan dan masif.

## G. Rencana Aksi Literasi Koding untuk Guru SMK

Menyadari pentingnya koding sebagai bagian tak terpisahkan dari literasi digital abad ke-21, dibutuhkan rencana aksi sistematis yang mampu menjangkau semua guru SMK, terlepas dari latar belakang bidang ajarnya. Rencana aksi ini dirancang untuk bersifat fleksibel, berbasis kebutuhan, dan berorientasi pada pemberdayaan guru melalui pendekatan bertahap dan kolaboratif.

Langkah pertama adalah penyusunan kurikulum literasi koding untuk guru SMK dengan pendekatan modular. Setiap modul disusun berdasarkan tingkat kompleksitas: dari pengenalan konsep logika dan algoritma dasar, penguasaan platform visual programming (seperti Scratch dan Blockly), hingga pengembangan aplikasi sederhana menggunakan App Inventor atau Python. Modul ini dirancang untuk bisa dijalankan secara daring, luring, maupun blended learning.

Kedua, pelatihan guru berbasis praktik dan proyek. Model pelatihan difokuskan pada penerapan langsung dalam konteks pembelajaran masing-masing guru. Misalnya, guru Tata Boga mengembangkan katalog resep interaktif dengan HTML; guru Teknik Bangunan membuat simulasi struktur bangunan menggunakan SketchUp dan skrip

animasi; guru Bahasa Inggris membuat kuis interaktif menggunakan JavaScript dasar. Pelatihan ini menggunakan prinsip andragogi berbasis pengalaman, relevan dengan tugas, dan langsung dapat diimplementasikan.

Ketiga, pembentukan komunitas belajar digital antarguru. Komunitas ini menjadi ruang belajar kolaboratif, di mana guru saling berbagi template, tutorial, pengalaman sukses, dan tantangan. Platform seperti WhatsApp, Telegram, Discord, bahkan LMS lokal dapat digunakan untuk membentuk ekosistem belajar yang saling mendukung dan memperkuat motivasi.

Keempat, penyediaan mentor sejawat dan learning buddy. Guru yang telah lebih dulu menguasai aspek koding menjadi pendamping atau fasilitator bagi guru lain. Skema ini memperkuat pendekatan peer coaching dan mengurangi rasa takut dalam belajar. Di beberapa sekolah, siswa SMK jurusan RPL atau TIK juga dilibatkan sebagai mitra belajar guru, menciptakan pola intergenerasional dan memperkuat kultur belajar dua arah.

Kelima, integrasi koding dalam supervisi akademik dan penilaian kinerja guru. Kepala sekolah dan pengawas dapat memasukkan unsur inovasi digital berbasis koding sebagai salah satu indikator penguatan praktik pembelajaran abad 21. Bukan dalam bentuk keharusan, tetapi sebagai apresiasi atas upaya inovatif guru dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

Keenam, kolaborasi dengan institusi eksternal dan penyedia teknologi pendidikan. Pemerintah daerah, universitas, komunitas teknologi seperti Dicoding, Google Educators Group, Bebras, dan lembaga donor dapat digandeng untuk menyediakan akses pelatihan, beasiswa belajar, sertifikasi, dan platform pengembangan profesional berkelanjutan.

Ketujuh, insentif dan pengakuan terhadap praktik baik. Guru yang berhasil mengimplementasikan proyek berbasis koding dalam pembelajarannya perlu mendapat pengakuan melalui lomba inovasi pembelajaran, publikasi best practices, serta penghargaan dari dinas pendidikan atau organisasi profesi. Hal ini penting untuk memperkuat motivasi intrinsik dan membangun budaya inovatif di sekolah.

Kedelapan, penyusunan buku panduan atau modul ajar literasi koding untuk guru non-TIK. Buku ini disusun dengan pendekatan naratif-visual, banyak ilustrasi, studi kasus, dan langkah-langkah praktis. Buku ini juga dilengkapi dengan QR Code yang mengarahkan ke video tutorial, bank soal, serta template proyek siap pakai.

Kesembilan, integrasi proyek koding dalam kegiatan sekolah. Literasi koding bisa menjadi bagian dari kegiatan ekstrakurikuler, proyek P5 Kurikulum Merdeka, lomba antar kelas, bahkan festival inovasi digital sekolah. Dengan begitu, budaya digitalisasi dan kreativitas teknologi menjadi bagian integral dari kehidupan sekolah.

Kesepuluh, monitoring dan evaluasi keberlanjutan. Rencana aksi ini perlu disertai sistem monitoring yang adaptif: seberapa banyak guru yang aktif belajar koding, tantangan yang dihadapi, dan dampaknya terhadap pembelajaran. Evaluasi ini menjadi dasar untuk revisi program dan penyusunan roadmap pengembangan literasi koding jangka panjang.

Pada akhirnya, rencana aksi ini bukan hanya tentang transfer keterampilan teknis, tetapi membentuk mindset baru bahwa guru adalah pembelajar sepanjang hayat. Literasi koding menjadi simbol dari semangat transformatif: dari guru sebagai pengajar menjadi guru sebagai inovator dan pemimpin digital di ruang kelasnya masing-masing.

Melalui strategi ini, guru SMK akan semakin percaya diri, mampu menjembatani jurang antara pendidikan dan industri, serta menjadi aktor utama dalam membangun generasi vokasi yang adaptif, kreatif, dan berdaya saing tinggi di era Society 5.0 dan revolusi digital yang terus melaju.

## **BAGIAN III**

### **DESAIN STRATEGIS PEMBELAJARAN STEAM- TPACK-KODING**

## BAB 6

# MENDESAIN PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS STEAM

Di tengah transformasi global pendidikan abad ke-21, mendesain pembelajaran yang tidak hanya menarik tetapi juga bermakna menjadi tuntutan mutlak. Guru tidak lagi hanya menjadi pengantar materi, tetapi arsitek pengalaman belajar yang menyentuh kognisi, emosi, dan tindakan nyata siswa. Dalam konteks ini, pendekatan STEAM hadir bukan sekadar metode pembelajaran, melainkan filosofi pendidikan yang menyatukan kreativitas, keilmuan, dan aksi nyata dalam satu bingkai interaktif dan reflektif.

Bab ini membawa kita pada jantung revolusi pembelajaran di SMK: merancang pengalaman belajar interaktif berbasis STEAM yang kontekstual, kolaboratif, dan solutif. Pembelajaran berbasis proyek menjadi medan utama, di mana siswa bukan hanya mempelajari konsep, tetapi juga memecahkan masalah dunia nyata, membangun prototipe, menyampaikan gagasan, dan merefleksikan proses. Namun, mendesain pembelajaran berbasis STEAM bukan sekadar menggabungkan lima bidang (Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics), melainkan menyinergikannya dalam narasi pembelajaran yang bermakna. Guru ditantang untuk merancang proyek yang berakar pada kebutuhan lokal, memiliki kompleksitas yang dapat ditangani siswa, serta membuka ruang refleksi dan pengembangan karakter.

Bab ini akan menuntun guru SMK langkah demi langkah, mulai dari menyusun ide proyek yang otentik, membangun koneksi antarmata pelajaran, menyusun modul pembelajaran STEAM yang sistematis, hingga mengembangkan instrumen asesmen yang berkeadilan dan reflektif. Pendekatan ini tidak hanya menumbuhkan kompetensi akademik, tetapi juga keterampilan abad ke-21 seperti critical thinking, creativity, communication, dan collaboration (4C). Di dalamnya juga disajikan beragam contoh dan ilustrasi nyata dari kelas SMK, studi kasus proyek lintas jurusan, serta strategi fasilitasi

guru agar mampu menjadi pelatih inovatif, bukan sekadar penyampai materi. Bab ini juga mengangkat pentingnya refleksi dan umpan balik sebagai bagian integral dari siklus belajar yang holistik.

Dengan pendekatan yang praktis, konseptual, dan berbasis riset mutakhir, Bab 6 mengajak guru SMK menjadi desainer pembelajaran revolusioner yang memberdayakan siswa tidak hanya untuk memahami dunia, tetapi juga mengubahnya. Karena pada akhirnya, pembelajaran bukan tentang menyelesaikan buku ajar, tetapi membekali siswa dengan keberanian dan kompetensi untuk menyelesaikan persoalan hidup. Mari kita jelajahi bagaimana pembelajaran STEAM dapat menjadi jembatan menuju pendidikan vokasi yang membebaskan, memerdekakan, dan memampukan setiap anak untuk tumbuh sebagai pemikir solutif dan pembelajar tangguh di era disrupsi ini.

### A. Langkah-langkah Menyusun Proyek STEAM

Menyusun proyek STEAM memerlukan pendekatan yang sistematis dan reflektif agar pembelajaran yang dirancang tidak hanya transdisipliner, tetapi juga memiliki makna personal bagi siswa. Langkah pertama dimulai dari identifikasi isu atau tantangan kontekstual yang relevan dengan kehidupan siswa maupun kebutuhan lingkungan sekitar. Proyek yang baik seringkali berangkat dari pertanyaan autentik seperti: "Bagaimana membuat alat penjernih air sederhana untuk masyarakat sekitar sekolah?" atau "Bagaimana cara membuat sistem parkir otomatis di lingkungan sekolah?". Pertanyaan ini menjadi titik awal eksplorasi lintas bidang.

Langkah kedua adalah mengembangkan peta kompetensi dan capaian belajar lintas mata pelajaran yang terlibat. Dalam hal ini, guru Matematika, IPA, Teknik Komputer, dan Desain Komunikasi Visual dapat duduk bersama menyusun integrasi kurikulum. Mereka mendefinisikan indikator, keterampilan, dan sikap apa saja yang ditargetkan dalam proyek tersebut.

Selanjutnya, guru menyusun kerangka waktu (timeline) pelaksanaan proyek beserta milestone-nya. Fase proyek biasanya terdiri atas:

1. Eksplorasi dan investigasi masalah,

2. Perancangan solusi,
3. Pembuatan prototipe,
4. Pengujian dan evaluasi,
5. Presentasi dan refleksi. Setiap fase harus memiliki aktivitas pembelajaran yang bermakna dan berbasis inquiry.

Langkah keempat adalah menentukan jenis produk akhir proyek yang akan dihasilkan. Produk ini bisa berupa alat sederhana, aplikasi digital, video edukatif, prototipe mekanik, poster kampanye, atau kombinasi antarjenis. Yang penting, produk tersebut harus menunjukkan integrasi minimal tiga unsur STEAM dan memiliki dampak sosial atau solusi nyata.

Guru juga perlu menyiapkan sumber belajar, alat dan bahan, serta strategi kolaborasi antarsiswa. Siswa dapat dibagi ke dalam tim multidisiplin yang terdiri dari beragam jurusan. Prinsip gotong royong, komunikasi efektif, dan kepemimpinan sangat ditekankan dalam kerja tim. Guru berperan sebagai fasilitator dan pembimbing, bukan pemegang kendali sepenuhnya.

Instrumen asesmen dirancang sejak awal agar dapat mengukur aspek proses (keterlibatan, kolaborasi, inisiatif), produk (kualitas karya, inovasi, relevansi), dan refleksi (pemahaman konsep, makna personal, dan pengembangan karakter). Asesmen formatif dilakukan secara berkala melalui observasi, jurnal belajar, dan diskusi kelompok.

Yang tak kalah penting adalah menyediakan ruang untuk pameran hasil proyek (project exhibition). Pameran ini dapat menjadi bagian dari pentas seni, expo sekolah, atau bahkan dipresentasikan secara daring kepada publik. Hal ini akan meningkatkan motivasi siswa serta memperkuat keterampilan komunikasi dan presentasi mereka.

Terakhir, seluruh proses perlu diakhiri dengan refleksi bersama yang mendalam. Siswa dan guru mengevaluasi proses, mengidentifikasi kekuatan dan tantangan, serta menyusun rencana perbaikan untuk proyek berikutnya. Dengan refleksi yang jujur dan terbuka, guru dan siswa tumbuh bersama sebagai komunitas pembelajar.

Menyusun proyek STEAM bukanlah pekerjaan instan, tetapi merupakan investasi jangka panjang dalam membentuk karakter dan kompetensi siswa SMK. Melalui

pendekatan ini, guru tidak hanya mengajarkan ilmu, tetapi membentuk pemecah masalah yang empatik, kreatif, dan solutif untuk masa depan bangsa.

## **B. Peran Masalah Otentik dalam Pembelajaran SMK**

Masalah otentik menjadi jantung dari pendekatan pembelajaran abad ke-21, terutama dalam pendidikan vokasi seperti SMK. Masalah otentik adalah tantangan nyata yang dihadapi dalam konteks kehidupan sehari-hari, dunia kerja, atau komunitas lokal, yang belum memiliki jawaban tunggal. Dalam konteks SMK, masalah otentik memberi siswa peluang untuk berlatih berpikir kritis, menyusun solusi nyata, dan membangun koneksi antara teori dan praktik. Pembelajaran berbasis masalah otentik tidak hanya melatih kemampuan akademik, tetapi juga membentuk karakter tangguh dan kepedulian sosial siswa.

Dalam ranah teori pendidikan konstruktivis, seperti yang dikemukakan oleh Vygotsky (1978), pembelajaran yang bermakna terjadi ketika siswa terlibat aktif membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung yang relevan dengan konteks kehidupannya. Masalah otentik menyediakan konteks tersebut. Lewat pendekatan seperti Problem-Based Learning (PBL), siswa ditantang untuk mengidentifikasi, menyelidiki, dan menyelesaikan masalah nyata secara kolaboratif, yang meningkatkan keterampilan metakognitif dan kemandirian belajar.

Penelitian oleh Savery dan Duffy (1995) menegaskan bahwa pembelajaran berbasis masalah memberikan dorongan motivasional yang tinggi karena siswa merasa proses belajarnya bermakna. Hal ini sangat relevan di SMK yang mengedepankan keterkaitan erat antara dunia pendidikan dan dunia kerja. Ketika siswa SMK dihadapkan pada persoalan konkret, seperti merancang alat hemat energi atau memetakan strategi pemasaran digital UMKM, mereka terdorong untuk mencari solusi inovatif yang aplikatif.

Masalah otentik dalam pembelajaran juga membentuk ekosistem berpikir tingkat tinggi. Menurut Bloom's Revised Taxonomy (Anderson & Krathwohl, 2001), siswa yang dilatih melalui tantangan nyata akan terbiasa menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta tingkatan berpikir yang menjadi target utama dalam Kurikulum Merdeka.

Dalam konteks ini, peran guru berubah dari instruktur menjadi fasilitator dan mitra berpikir siswa.

Implementasi masalah otentik juga memperkuat kolaborasi lintas disiplin di SMK. Sebuah proyek dapat melibatkan bidang teknik mesin, desain produk, dan akuntansi dalam satu kesatuan solusi. Misalnya, proyek "Membangun Motor Listrik Ramah Lingkungan untuk Sekolah" akan melibatkan siswa teknik, desain grafis, dan manajemen usaha. Ini menciptakan sinergi antarprogram keahlian dan memperkuat semangat kerja tim lintas kompetensi.

Masalah otentik juga membuka peluang koneksi dengan dunia industri dan masyarakat. Dalam pendekatan ini, sekolah dapat menjalin kemitraan dengan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri), pemerintah daerah, atau komunitas lokal untuk merancang tantangan-tantangan riil yang kemudian dipecahkan bersama siswa. Kolaborasi ini membekali siswa dengan pengalaman autentik dan memperluas jejaring profesional sejak dini.

Dari sisi psikologis, keterlibatan dalam menyelesaikan masalah nyata menumbuhkan rasa percaya diri dan rasa kepemilikan siswa terhadap proses belajar. Ketika solusi mereka berdampak langsung pada masyarakat, siswa merasa dihargai dan diperhitungkan sebagai bagian dari agen perubahan. Hal ini berdampak positif terhadap motivasi intrinsik, kepercayaan diri, dan keterlibatan emosional dalam belajar.

Penelitian oleh Thomas Markham (2011) dalam pendekatan Project-Based Learning menyebutkan bahwa keberhasilan pembelajaran berbasis masalah sangat tergantung pada kualitas masalah yang disajikan. Masalah harus cukup menantang, kontekstual, terbuka, dan mampu memicu eksplorasi mendalam. Guru perlu dilatih untuk mengembangkan skenario pembelajaran yang otentik, bukan sekadar studi kasus generik.

Dalam kurikulum SMK, masalah otentik dapat dijadikan sebagai pengungkit dalam kegiatan intrakurikuler, kokurikuler, maupun ekstrakurikuler. Misalnya, program kewirausahaan berbasis solusi terhadap permasalahan lokal seperti pengolahan limbah,

pengembangan wisata lokal, atau digitalisasi produk desa dapat dijadikan proyek terpadu lintas mata pelajaran.

Tantangan terbesar dalam penerapan masalah otentik adalah kesiapan guru dalam mendesain skenario belajar yang fleksibel dan adaptif. Guru perlu terbiasa dengan dinamika proyek yang tidak selalu linear, hasil yang tidak pasti, dan proses pembelajaran yang penuh iterasi. Namun justru di sinilah ruang profesionalisme guru diuji dan dikembangkan.

Salah satu strategi efektif untuk memulai adalah mengajak guru menyusun bank masalah otentik berdasarkan observasi lingkungan sekolah, wawancara dengan DUDI, dan aspirasi siswa. Masalah-masalah ini kemudian dikategorikan berdasarkan kompetensi dasar yang relevan, tingkat kompleksitas, dan potensi integrasi antarmapel.

Masalah otentik juga dapat menjadi instrumen untuk membangun karakter siswa. Dalam menyelesaikan masalah riil, siswa belajar untuk menghadapi ketidakpastian, menumbuhkan empati, dan bekerja secara etis. Hal ini sesuai dengan semangat Profil Pelajar Pancasila yang menekankan keberpihakan pada kemanusiaan, gotong royong, dan kebinekaan global.

Dalam evaluasi pembelajaran berbasis masalah otentik, fokus tidak hanya pada hasil akhir, tetapi juga proses berpikir dan kerja sama yang dilakukan siswa. Rubrik penilaian dapat mencakup aspek inisiatif, kedalaman analisis, inovasi solusi, presentasi, serta kontribusi individu dalam tim. Asesmen menjadi bagian integral dari proses, bukan hanya penilaian akhir.

Kurikulum Merdeka memberikan ruang besar bagi guru untuk mendesain pembelajaran berbasis masalah otentik melalui Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5). P5 mendorong siswa menyelami persoalan nyata dan merancang aksi solutif yang berdampak sosial. Ini menjadi ladang subur integrasi pendekatan STEAM, TPACK, dan literasi digital.

Contoh konkret dari SMK yang berhasil menerapkan masalah otentik adalah SMK di Jawa Barat yang mengembangkan inkubator ayam otomatis untuk peternak lokal. Proyek ini menyatukan aspek teknik, matematika, biologi, dan kewirausahaan. Selain

mendekatkan siswa pada realitas kerja, proyek ini juga menginspirasi kewirausahaan sosial sejak dini. Masalah otentik yang baik memiliki kriteria: relevan dengan kehidupan siswa, terbuka (tidak memiliki satu jawaban), kontekstual, menantang, dan dapat dipecahkan melalui pendekatan kolaboratif. Dengan mengedepankan prinsip ini, pembelajaran SMK akan bertransformasi dari rutinitas ke ruang inovasi.

Dengan demikian, masalah otentik bukan hanya instrumen pedagogik, tetapi juga wahana transformasi sekolah menjadi laboratorium kehidupan. Guru bukan hanya menyampaikan kurikulum, tetapi menjadi koreografer perubahan sosial yang memberdayakan siswa untuk menjadi pemecah masalah masa depan.

Membumikan pembelajaran pada kenyataan hidup siswa merupakan jalan revolusioner untuk menanamkan ilmu yang membekas, bukan sekadar hafalan yang cepat terlupa. Dan dari masalah-masalah yang nyata itulah, pendidikan SMK menemukan maknanya yang sejati membentuk manusia yang mampu berpikir dan bertindak untuk perubahan yang lebih baik.

### C. Interdisiplin dan Kolaborasi dalam Kelas

Konsep interdisiplin merupakan pondasi utama dalam pembelajaran berbasis STEAM, terutama dalam konteks pendidikan vokasi yang menuntut integrasi berbagai keahlian untuk menyelesaikan tantangan nyata. Pendekatan interdisiplin menuntut adanya kolaborasi lintas bidang pengetahuan, seperti menggabungkan sains, teknologi, seni, dan kewirausahaan dalam satu kesatuan proyek pembelajaran. Di SMK, pendekatan ini memungkinkan siswa mengalami proses belajar yang lebih kontekstual, reflektif, dan siap menghadapi dunia kerja yang kompleks dan saling terhubung.

Landasan teoretik dari pembelajaran interdisipliner dapat ditelusuri dari pendekatan konstruktivisme sosial (Vygotsky, 1978) dan teori pembelajaran situasional (Lave & Wenger, 1991), yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial dan praktik nyata. Dalam konteks kelas SMK, kolaborasi antarguru lintas mata pelajaran dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih holistik dan otentik, menghindarkan siswa dari belajar secara terpisah yang tidak mencerminkan tantangan kehidupan sebenarnya.

Salah satu strategi implementasi interdisiplin di SMK adalah melalui *team teaching*, di mana dua atau lebih guru dari disiplin berbeda merancang dan melaksanakan proyek pembelajaran bersama. Misalnya, guru teknik mesin berkolaborasi dengan guru bahasa Inggris dan seni rupa dalam proyek desain produk inovatif untuk pameran kewirausahaan. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga melatih komunikasi lintas bidang.

Kolaborasi dalam kelas SMK juga dapat diperluas ke dalam kerja kelompok siswa yang heterogen berdasarkan keahlian. Strategi ini memungkinkan setiap anggota kelompok memberikan kontribusi unik dari bidangnya masing-masing. Proyek pembuatan *smart hydroponic system*, misalnya, dapat melibatkan siswa dari jurusan elektro (untuk sensor dan kendali), pertanian (untuk teknik tanam), dan bisnis (untuk model pemasaran). Interdisiplin dalam kolaborasi ini menumbuhkan empati profesional, fleksibilitas berpikir, dan apresiasi terhadap keragaman pengetahuan.

Penelitian yang dilakukan oleh Beers et al. (2008) menyebutkan bahwa pembelajaran interdisiplin yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan motivasi belajar, kemampuan pemecahan masalah, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dalam dunia kerja modern, karyawan diharapkan mampu memahami berbagai sudut pandang dan berkolaborasi dalam tim lintas fungsi. Oleh karena itu, praktik pembelajaran di SMK harus menjadi cerminan dari dunia kerja yang kolaboratif dan multidisipliner.

Kurikulum Merdeka menyediakan ruang luas bagi pengembangan pembelajaran interdisipliner. Pendekatan berbasis *projek* dan *profil pelajar Pancasila* mendorong guru untuk merancang tema besar yang memayungi berbagai mata pelajaran. Proyek seperti "Desain Kota Ramah Difabel" atau "Pengembangan Produk Lokal Berkelanjutan" dapat menjadi wahana sinergi antardisiplin dalam konteks lokal yang bermakna.

Namun, membangun kolaborasi interdisiplin bukan tanpa tantangan. Salah satu hambatan utama adalah budaya kerja guru yang masih bersifat individual, serta keterbatasan waktu untuk merancang proyek bersama. Oleh karena itu, manajemen

sekolah perlu menciptakan sistem pendukung seperti waktu perencanaan kolaboratif, pelatihan lintas mata pelajaran, dan forum berbagi praktik baik antarguru.

Penggunaan teknologi digital juga dapat memperkuat kolaborasi interdisiplin. Platform manajemen proyek, aplikasi papan tulis digital, dan simulasi lintas bidang dapat digunakan untuk mempertemukan berbagai keahlian secara virtual. Di era pascapandemi, penguasaan platform kolaboratif menjadi kompetensi esensial bagi guru dan siswa.

Dalam pembelajaran interdisiplin, guru berperan bukan hanya sebagai penyampai materi, tetapi juga sebagai fasilitator dialog antarpemikiran. Guru perlu membuka ruang eksplorasi, mendorong pertanyaan terbuka, dan mengapresiasi keragaman cara pandang yang muncul dari interaksi lintas disiplin. Dengan cara ini, kelas SMK menjadi lebih dinamis dan inklusif terhadap gaya belajar siswa.

Interdisiplin juga erat kaitannya dengan integrasi soft skills dalam pembelajaran. Kolaborasi antarsiswa menuntut kemampuan komunikasi, negosiasi, pengelolaan konflik, dan kepemimpinan. Guru dapat merancang rubrik penilaian yang menilai proses kerja tim, kontribusi individu, dan refleksi antaranggota kelompok sebagai bagian integral dari asesmen.

Selain kolaborasi dalam lingkup internal sekolah, pembelajaran interdisiplin juga dapat diperluas ke kolaborasi eksternal. Mengundang praktisi dari industri, akademisi, atau komunitas lokal sebagai co-teacher atau mentor dalam proyek pembelajaran akan memperkaya perspektif siswa. Ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis ekosistem yang dikembangkan dalam model *Quadruple Helix* pendidikan.

Model interdisiplin juga sejalan dengan prinsip pendidikan humanistik. Dalam pembelajaran semacam ini, siswa tidak dipaksa untuk memisahkan bidang studi secara kaku, tetapi diajak untuk melihat dunia secara utuh. Ini menumbuhkan kecintaan pada pengetahuan, pemahaman holistik, dan rasa keterkaitan antarilmu pengetahuan modal penting untuk menghadapi ketidakpastian masa depan.

Dengan demikian, interdisiplin dan kolaborasi bukan sekadar strategi pembelajaran, tetapi sebuah pendekatan filosofis dalam membangun pembelajaran yang relevan, partisipatif, dan kontekstual. Pendidikan di SMK yang mengadopsi pendekatan ini akan lebih mampu melahirkan lulusan yang adaptif, kreatif, dan siap berinovasi di dunia kerja yang menuntut kerja sama lintas keahlian.

Di tengah transformasi digital dan dinamika VUCA, hanya pendidikan yang kolaboratif dan interkoneksi yang mampu melahirkan generasi pembelajar sepanjang hayat. Interdisiplin bukan sekadar tren, tetapi sebuah keniscayaan dalam pembelajaran vokasional yang ingin relevan, transformatif, dan berdampak.

#### **D. Merancang Modul dan Unit Proyek STEAM**

Merancang modul dan unit proyek berbasis STEAM di SMK memerlukan pendekatan yang sistematis, reflektif, dan berbasis kebutuhan kontekstual siswa serta industri. Modul STEAM bukan hanya kumpulan materi ajar, melainkan peta perjalanan belajar yang menekankan pada keterkaitan antar disiplin, kolaborasi antarpihak, dan penciptaan solusi otentik terhadap permasalahan nyata. Untuk itu, guru SMK perlu memahami bahwa perancangan ini melibatkan penggabungan elemen pedagogik, teknologi, dan konten yang berorientasi masa depan.

Secara teoretik, desain pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL) menjadi fondasi dari modul STEAM. Menurut Thomas (2000), PjBL yang efektif melibatkan proyek dengan pertanyaan pemicu yang bermakna, eksplorasi mendalam, dan produk akhir yang nyata. Modul STEAM yang baik menyelaraskan prinsip-prinsip tersebut dengan kompetensi kurikulum dan kebutuhan riil dunia kerja. Di sinilah guru berperan sebagai desainer pembelajaran sekaligus fasilitator proses inovatif siswa.

Dalam konteks Kurikulum Merdeka, penyusunan modul proyek STEAM dapat dirancang dengan struktur:

1. Tema dan masalah autentik,
2. Tujuan pembelajaran berbasis capaian kompetensi,

3. Aktivitas terstruktur lintas disiplin,
4. Penggunaan teknologi yang relevan,
5. Proses dokumentasi dan refleksi, serta
6. Asesmen autentik dan rubrik kinerja. Struktur ini memandu guru untuk tetap fokus pada tujuan pembelajaran sekaligus memberi ruang kreativitas dalam implementasi.

Langkah awal dalam merancang modul STEAM adalah identifikasi masalah nyata yang relevan dengan lingkungan siswa. Misalnya, isu pengelolaan sampah plastik di sekitar sekolah dapat menjadi pemicu proyek interdisiplin yang menggabungkan pelajaran kimia, seni rupa, bisnis digital, dan teknik otomotif. Penentuan masalah harus melibatkan siswa sebagai *co-designer*, agar relevansi dan rasa memiliki terhadap proyek dapat meningkat.

Setelah tema ditentukan, guru perlu menetapkan tujuan pembelajaran yang spesifik, terukur, dan terintegrasi. Tujuan tersebut tidak hanya berasal dari satu mata pelajaran, tetapi merupakan gabungan kompetensi dasar dari beberapa mapel yang relevan. Dalam pendekatan ini, guru ditantang untuk saling membaca dan memahami capaian pembelajaran lintas bidang, serta mengompilakannya dalam satu narasi utuh.

Perencanaan aktivitas pembelajaran harus mempertimbangkan alur berpikir desain (*design thinking*), yaitu mulai dari empati, definisi masalah, ideasi, prototipe, hingga uji coba. Siklus ini mendorong siswa untuk berpikir kreatif, berkolaborasi, dan terus merevisi hasil berdasarkan umpan balik. Modul yang dirancang dengan pendekatan ini menjamin keterlibatan siswa secara emosional dan kognitif.

Komponen teknologi dalam modul STEAM harus dipilih berdasarkan prinsip pedagogik, bukan sekadar penggunaan alat digital. Teknologi harus menjadi penguat proses berpikir, kolaborasi, dan penciptaan karya. Guru perlu menjelaskan dalam modul kapan dan bagaimana teknologi digunakan: apakah untuk riset online, simulasi, desain digital, atau presentasi multimedia.

Penting juga untuk mencantumkan instruksi kerja yang jelas dan fleksibel. Modul STEAM yang terlalu kaku akan membatasi kreativitas siswa, sedangkan yang

terlalu longgar bisa menimbulkan kebingungan. Format yang ideal adalah menyediakan kerangka kerja, contoh praktik, serta ruang terbuka bagi eksplorasi lebih lanjut. Guru perlu memberikan scaffolding yang menyesuaikan tingkat kesiapan siswa.

Asesmen dalam modul STEAM tidak bisa hanya bersifat sumatif. Dibutuhkan asesmen formatif yang berkelanjutan, dengan rubrik kinerja yang menilai proses dan produk. Rubrik dapat memuat dimensi seperti kolaborasi, orisinalitas ide, kemampuan berpikir kritis, dan dampak sosial dari solusi yang dihasilkan. Dalam beberapa konteks, keterlibatan mitra industri dalam asesmen juga memberi validitas tambahan.

Modul yang baik juga harus mendorong refleksi diri siswa secara berkala. Guru bisa menyisipkan jurnal refleksi, diskusi antar kelompok, atau video testimoni sebagai bagian dari siklus pembelajaran. Refleksi ini penting agar siswa menyadari proses belajarnya, belajar dari kegagalan, dan menginternalisasi nilai-nilai pembelajaran yang diperoleh.

Penting untuk dicatat bahwa penyusunan modul dan unit proyek STEAM bukan pekerjaan individu. Idealnya, guru melibatkan rekan sejawat dalam tim kecil lintas mata pelajaran untuk merancang bersama. Kolaborasi ini memperkuat integrasi konten, memperkaya ide, serta menumbuhkan semangat inovasi di antara para pendidik.

Dalam konteks SMK, keberhasilan modul proyek STEAM juga bergantung pada dukungan manajemen sekolah. Kepala sekolah perlu memberikan ruang dan waktu bagi guru untuk merancang, mencoba, dan mengevaluasi modul secara berulang. Sekolah juga perlu menyediakan sumber daya seperti alat peraga, akses teknologi, dan koneksi ke mitra luar sekolah.

Penelitian oleh Chu et al. (2019) menunjukkan bahwa siswa yang belajar dengan pendekatan proyek STEAM menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan komunikasi, kreativitas, dan kolaborasi. Di sisi lain, guru yang terbiasa menyusun modul interdisiplin juga menunjukkan peningkatan dalam kompetensi profesional dan kepuasan mengajar.

Modul proyek juga dapat dikembangkan dalam format digital interaktif, seperti e-modul atau platform pembelajaran daring. Hal ini memungkinkan fleksibilitas akses

dan memperluas potensi kolaborasi lintas sekolah. Modul yang dikembangkan dengan prinsip *open education resource (OER)* dapat dibagikan dan dikembangkan bersama secara nasional maupun global.

Kegiatan implementasi modul juga harus didokumentasikan secara sistematis. Dokumentasi ini tidak hanya bermanfaat untuk keperluan evaluasi dan akreditasi, tetapi juga menjadi sumber belajar bagi guru lain. Laporan praktik baik (best practice) berbasis modul STEAM dapat ditulis dalam bentuk artikel ilmiah, blog guru, atau presentasi pada forum MGMP.

Penyusunan modul harus mengakomodasi keberagaman siswa. Prinsip universal design for learning (UDL) dapat digunakan agar semua siswa, termasuk yang berkebutuhan khusus, dapat berpartisipasi aktif. Modul dapat menyediakan pilihan media, ragam cara menunjukkan pemahaman, dan fleksibilitas waktu pengerjaan.

Terakhir, evaluasi dan revisi modul merupakan siklus yang harus terus dilakukan. Modul yang telah diimplementasikan harus direview berdasarkan masukan siswa, hasil asesmen, dan refleksi guru. Proses ini mencerminkan semangat pembelajaran berkelanjutan dan inovasi profesional yang menjadi ruh dari pendidikan abad ke-21.

Dengan demikian, merancang modul dan unit proyek STEAM bukanlah sekadar memenuhi tugas kurikulum, melainkan bagian dari misi besar membangun generasi SMK yang kreatif, kolaboratif, dan kontributif. Guru SMK sebagai perancang pembelajaran memiliki peran vital dalam membentuk masa depan melalui proyek-proyek yang transformatif dan kontekstual.

## **E. Format Asesmen dan Rubrik STEAM**

Asesmen dalam pembelajaran berbasis STEAM memerlukan pendekatan yang transformatif dan menyeluruh. Tidak cukup hanya mengandalkan tes pilihan ganda atau penilaian kognitif semata, tetapi juga harus mencerminkan proses berpikir kritis, kerja tim, kreativitas, dan keberhasilan menyelesaikan masalah nyata. Oleh karena itu, format

asesmen dalam proyek STEAM harus bersifat autentik, bermakna, dan berfokus pada proses serta hasil pembelajaran.

Asesmen autentik (authentic assessment) adalah proses penilaian yang menilai siswa berdasarkan tugas-tugas yang menyerupai kondisi dunia nyata. Dalam konteks SMK, ini mencakup penilaian terhadap kemampuan merancang solusi teknis, membuat produk nyata, berkomunikasi secara efektif, hingga menyajikan proyek di hadapan publik atau mitra industri. Penilaian tidak hanya menilai "apa yang siswa tahu", tetapi juga "bagaimana mereka menggunakannya" dalam konteks bermakna.

Format yang dapat digunakan dalam asesmen STEAM mencakup portofolio proyek, jurnal refleksi, rubrik kinerja, presentasi proyek, peer assessment, hingga demonstrasi langsung hasil kerja. Menurut Wiggins & McTighe (2011), penilaian yang efektif harus mencerminkan tujuan pembelajaran, memberikan umpan balik yang mendorong pertumbuhan, dan memungkinkan siswa mengembangkan metakognisi mereka.

Rubrik merupakan alat penting dalam menilai proyek STEAM. Rubrik memberikan kriteria yang jelas dan transparan, serta membantu siswa memahami ekspektasi yang diharapkan. Rubrik yang baik memuat indikator pada beberapa dimensi: pemahaman konsep, proses kolaborasi, inovasi dan kreativitas, kualitas produk akhir, dan kemampuan menyampaikan ide. Masing-masing dimensi dinilai dalam skala tertentu, misalnya dari 1–4 atau 1–5, dengan deskripsi konkret di tiap tingkat.

Sebagai contoh, rubrik dimensi kreativitas dapat menilai kemampuan siswa menciptakan ide baru, menggabungkan konsep lintas disiplin, dan menyajikan solusi yang orisinal. Dimensi kolaborasi dapat mencakup kontribusi anggota tim, komunikasi efektif, serta tanggung jawab kolektif dalam menyelesaikan tugas. Sementara itu, aspek teknis dapat mencakup ketepatan perhitungan, efisiensi rancangan, dan keberlanjutan produk.

Penilaian juga harus bersifat formatif, yaitu berlangsung selama proses proyek. Guru dapat melakukan observasi, diskusi kelompok, atau wawancara singkat selama siswa bekerja untuk memberikan umpan balik langsung. Formatif assessment ini sangat

penting dalam STEAM karena memungkinkan siswa merevisi dan menyempurnakan karyanya sebelum dinilai secara sumatif.

Untuk menumbuhkan tanggung jawab dan refleksi diri, peer assessment dan self-assessment perlu diintegrasikan. Siswa menilai kontribusi rekan tim dan dirinya sendiri secara jujur, berbasis rubrik yang sama. Hal ini mendorong siswa lebih sadar akan proses belajar dan keterlibatan mereka, serta melatih keterampilan sosial dan komunikasi interpersonal.

Guru juga perlu mendokumentasikan hasil penilaian secara sistematis. Dalam konteks Kurikulum Merdeka, asesmen proyek STEAM dapat disesuaikan dengan capaian pembelajaran, dimasukkan ke dalam rapor proyek, atau dijadikan bahan refleksi dalam rapor pendidikan. Dokumentasi asesmen ini juga penting untuk keperluan supervisi dan peningkatan kualitas pembelajaran.

Berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan asesmen autentik dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Menurut research dari Darling-Hammond et al. (2021), siswa yang dinilai melalui proyek nyata menunjukkan pemahaman yang lebih mendalam dan keterampilan yang lebih aplikatif dibanding siswa yang hanya dinilai secara konvensional.

Di SMK, rubrik proyek dapat dirancang dengan melibatkan industri atau mitra luar sekolah. Misalnya, dalam proyek membuat alat pengering produk pertanian, rubrik dapat mencakup aspek ergonomi, efisiensi energi, dan keberlanjutan semua dengan masukan langsung dari praktisi. Keterlibatan ini membuat asesmen lebih relevan dan bermakna bagi siswa.

Penggunaan teknologi digital juga dapat mendukung asesmen STEAM. Platform seperti Google Classroom, Padlet, atau Microsoft Teams dapat digunakan untuk mengumpulkan karya digital siswa, merekam proses kerja, dan memberikan umpan balik secara daring. E-portfolio menjadi salah satu model yang efektif untuk mengarsipkan progres belajar dan produk akhir siswa.

Dalam konteks inklusif, asesmen STEAM juga harus memperhatikan kebutuhan beragam siswa. Format penilaian yang fleksibel seperti video, gambar, prototipe fisik,

atau penjelasan lisan memungkinkan siswa menunjukkan pemahamannya dengan cara yang sesuai kekuatannya. Guru harus sensitif terhadap diferensiasi gaya belajar dan kebutuhan khusus siswa.

Agar asesmen STEAM bermakna, guru harus menjelaskan tujuan dan rubrik kepada siswa sejak awal. Eksplisitasi ini membantu siswa merancang strategi belajar dan mengarahkan energi mereka secara lebih terstruktur. Ini juga memberi rasa keadilan dalam penilaian karena kriteria dan ekspektasi sudah diketahui sejak awal.

Setiap asesmen juga perlu diakhiri dengan refleksi, baik oleh guru maupun siswa. Guru merefleksikan efektivitas desain proyek dan strategi penilaiannya, sedangkan siswa merefleksikan proses belajarnya. Refleksi ini bisa dituangkan dalam jurnal, diskusi kelompok, atau logbook individu.

Perlu diingat bahwa format dan rubrik bukanlah tujuan akhir, melainkan sarana untuk menciptakan pembelajaran yang bermakna dan transformatif. Oleh karena itu, fleksibilitas, keberanian untuk bereksperimen, dan keterbukaan terhadap umpan balik sangat penting dalam mengembangkan sistem asesmen STEAM.

Dengan pendekatan asesmen yang tepat, pembelajaran STEAM di SMK tidak hanya akan meningkatkan kompetensi akademik siswa, tetapi juga mengasah soft skills, memperkuat karakter, dan membekali mereka untuk menjadi inovator masa depan. Guru memiliki tanggung jawab strategis dalam merancang dan menjalankan asesmen sebagai jembatan antara proses belajar dan keberhasilan hidup nyata siswa.

## **F. Refleksi dan Umpan Balik dalam Pembelajaran STEAM**

Refleksi dan umpan balik merupakan dua komponen krusial dalam siklus pembelajaran STEAM yang bermakna. Dalam paradigma konstruktivis, pembelajaran tidak hanya berhenti pada pencapaian hasil, melainkan berlanjut pada pemaknaan proses yang telah dilalui. Guru dan siswa perlu melakukan refleksi mendalam terhadap pengalaman belajar, kolaborasi tim, dan efektivitas pemecahan masalah yang dilakukan selama proyek berlangsung.

Refleksi dalam konteks pembelajaran STEAM tidak hanya bersifat retrospektif, tetapi juga prospektif. Artinya, siswa tidak hanya mengevaluasi apa yang telah mereka lakukan, tetapi juga merancang strategi untuk perbaikan di masa depan. Refleksi ini dapat dituangkan dalam jurnal, logbook proyek, atau diskusi kelompok. Menurut Moon (2013), refleksi mendalam membantu siswa mengembangkan kesadaran metakognitif dan kapasitas berpikir tingkat tinggi.

Guru memiliki peran penting dalam memfasilitasi proses reflektif. Ini dapat dilakukan dengan menyajikan pertanyaan terbuka seperti: "Apa bagian tersulit dalam proyek ini?", "Apa yang akan kamu lakukan berbeda jika diberi kesempatan mengulang?", atau "Bagaimana proyek ini mengubah cara berpikirmu tentang sains, teknologi, atau kolaborasi?" Pertanyaan-pertanyaan tersebut memancing eksplorasi makna yang lebih luas dan memperkaya pembelajaran.

Selain refleksi individual, refleksi kolektif dalam tim juga penting. Siswa diajak untuk merefleksikan dinamika kerja sama, pembagian tugas, komunikasi, dan resolusi konflik yang muncul selama pengerjaan proyek. Aktivitas ini tidak hanya memperkuat keterampilan sosial, tetapi juga membentuk budaya kerja tim yang saling menghargai dan bertanggung jawab.

Umpan balik atau feedback menjadi penguat penting dalam pembelajaran berbasis proyek. Umpan balik tidak hanya datang dari guru kepada siswa, tetapi juga bisa bersumber dari teman sebaya (peer feedback), mitra industri, atau bahkan dari pengguna akhir proyek. Semakin beragam sumber umpan balik, semakin kaya peluang belajar bagi siswa.

Menurut Hattie dan Timperley (2007), umpan balik yang efektif adalah yang bersifat spesifik, dapat ditindaklanjuti, dan berorientasi pada kemajuan. Feedback semacam ini membantu siswa memahami gap antara kondisi saat ini dan target pembelajaran, serta bagaimana menutup kesenjangan tersebut. Dalam proyek STEAM, feedback dapat diberikan selama proses maupun setelah produk akhir selesai.

Salah satu model umpan balik yang dapat diterapkan adalah "Feed Up Feed Back Feed Forward". Feed up menjelaskan tujuan pembelajaran, feed back memberikan

informasi tentang performa saat ini, dan feed forward memberi arahan untuk perbaikan di masa depan. Model ini terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi dan performa siswa (Wiliam, 2011).

Teknologi digital dapat mempermudah proses pemberian umpan balik. Platform seperti Google Docs, Padlet, atau Edmodo memungkinkan guru dan siswa memberikan komentar langsung terhadap hasil kerja digital. Audio feedback atau video response juga bisa menjadi alternatif menarik yang lebih personal dan mudah dipahami oleh siswa.

Umpan balik juga harus disampaikan dengan pendekatan yang empatik dan membangun. Guru perlu menjaga agar feedback tidak bersifat menghakimi atau menjatuhkan, melainkan memberi semangat untuk berkembang. Siswa pun dilatih untuk memberikan peer feedback yang sopan, konkret, dan berbasis kriteria.

Penting untuk membiasakan siswa menerima dan menggunakan umpan balik sebagai bagian dari proses belajar, bukan sebagai bentuk penilaian semata. Ketika siswa mampu melihat feedback sebagai alat bantu untuk tumbuh, mereka akan lebih terbuka dan reflektif. Hal ini menjadi bekal penting dalam dunia kerja yang menuntut adaptasi dan perbaikan berkelanjutan.

Untuk memperkuat dampak refleksi dan umpan balik, guru dapat membuat sesi khusus di akhir proyek untuk "Proyek Talk" atau "Gallery Walk". Siswa mempresentasikan karyanya kepada rekan atau guru lain, kemudian mendapat tanggapan dan masukan. Aktivitas ini mendorong kepercayaan diri, keterampilan presentasi, dan pemahaman yang lebih mendalam terhadap karya sendiri.

Refleksi dan umpan balik juga menjadi bahan penting dalam pengembangan profesional guru. Guru dapat melakukan refleksi terhadap desain proyek, keterlibatan siswa, serta efektivitas strategi asesmen dan pembelajaran. Ini menjadi dasar untuk memperbaiki desain pembelajaran di masa depan.

Dalam konteks pendidikan vokasi, refleksi juga dapat diarahkan pada relevansi proyek terhadap dunia industri. Siswa diajak merenungkan sejauh mana proyek mereka

memiliki nilai aplikatif, inovatif, dan sesuai kebutuhan nyata. Ini menumbuhkan orientasi kewirausahaan dan pemecahan masalah nyata sejak dini.

Refleksi juga menjadi momen pembentukan karakter. Siswa diajak menilai nilai-nilai seperti kejujuran, tanggung jawab, empati, dan etika kerja selama proses belajar. Dengan demikian, pembelajaran STEAM tidak hanya menghasilkan keterampilan teknis, tetapi juga membentuk pribadi yang matang dan berintegritas.

Dari sisi dokumentasi, hasil refleksi dan umpan balik dapat menjadi bagian dari portofolio pembelajaran. Ini bisa digunakan untuk pemetaan capaian kompetensi, pengembangan proyek lanjutan, atau sebagai bahan diskusi dengan orang tua dan stakeholder sekolah.

Akhirnya, refleksi dan umpan balik adalah pilar penting dalam menciptakan kultur belajar yang adaptif dan berkelanjutan. Dalam ekosistem pembelajaran STEAM di SMK, kedua aspek ini menjadi kunci untuk menumbuhkan inovasi, kesadaran diri, dan kesiapan menghadapi tantangan masa depan.

Guru bukan hanya evaluator, tetapi juga fasilitator reflektif yang mengajak siswa menelisik makna di balik setiap aktivitas belajar. Dengan membudayakan refleksi dan umpan balik, sekolah akan lebih hidup sebagai ruang pertumbuhan, bukan sekadar tempat pengajaran.

## BAB 7

### MENINGTEGRASIKAN TPACK DALAM PRAKTIK KELAS

Selamat datang di ruang eksperimental guru masa depan tempat di mana teknologi bukan sekadar alat bantu, tapi mitra berpikir; pedagogi bukan hanya metode, tapi seni memanusiakan pembelajaran; dan konten bukan hanya informasi, melainkan jembatan menuju transformasi. Bab ini bukan tentang teori semata, melainkan tentang bagaimana TPACK menjadi denyut nadi pembelajaran yang hidup di kelas-kelas SMK.

Di tengah pusaran digitalisasi, guru SMK kini tidak cukup hanya andal dalam bidang keahliannya. Mereka harus mampu menjahit harmoni antara *Technological*, *Pedagogical*, dan *Content Knowledge* dalam satu desain pembelajaran yang adaptif dan bermakna. TPACK bukan hanya singkatan, melainkan skema orkestra yang menuntut kecermatan menyusun irama: kapan teknologi digunakan, bagaimana strategi pembelajaran dirancang, dan mengapa konten itu penting bagi masa depan siswa.

Dalam bab ini, pembaca akan diajak menelusuri tahapan konkret integrasi TPACK dalam perencanaan pembelajaran, mengeksplorasi pilihan teknologi edukatif yang relevan dengan dunia SMK, serta menyelami praktik mikro-teaching sebagai laboratorium kecil untuk menguji ketepatan strategi. Tidak berhenti di sana, bab ini juga membuka ruang refleksi dan solusi lapangan yang nyata sebab guru inovatif bukan yang bebas dari kendala, tetapi yang mahir menari di tengah keterbatasan.

Dengan bahasa yang segar dan konteks yang relevan, bab ini menjadi sahabat guru untuk melangkah mantap dalam merancang pembelajaran era digital. Karena pada akhirnya, guru yang menguasai TPACK bukan hanya menjawab tantangan zaman, tapi juga menciptakan masa depan yang lebih cerah bagi peserta didiknya. Ayo kita mulai babak baru ini bukan sebagai pengguna teknologi pasif, tapi sebagai kreator pengalaman belajar interaktif dan humanis.

## A. Tahapan Integrasi Teknologi dalam Perencanaan

Integrasi teknologi dalam pembelajaran bukanlah proses yang berlangsung seketika. Ia adalah perjalanan bertahap yang membutuhkan kesiapan pedagogis, kecermatan teknologis, dan ketepatan konten. Banyak guru tergoda untuk langsung menggunakan perangkat atau aplikasi terbaru tanpa mempertimbangkan apakah alat tersebut relevan dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik siswa. Di sinilah pentingnya perencanaan berbasis kerangka TPACK yang tidak hanya mengandalkan gadget, tetapi menjadikan teknologi sebagai bagian yang utuh dari pengalaman belajar.

Model integrasi teknologi dari Hofer & Grandgenett (2012) menyarankan empat tahapan: eksplorasi, adopsi, adaptasi, dan transformasi. Tahap eksplorasi adalah fase di mana guru mulai mengenal berbagai teknologi dan reflektif terhadap potensi penggunaannya dalam konteks mata pelajaran. Ini bisa melalui pelatihan, komunitas belajar, atau uji coba kecil-kecilan dalam kelas.

Setelah itu, guru memasuki tahap adopsi, yakni mulai menerapkan teknologi tertentu dalam pembelajaran, meskipun masih terbatas pada aktivitas-aktivitas yang konvensional, seperti presentasi visual atau penggunaan video. Pada fase ini, guru mulai menyadari bahwa teknologi bisa menghemat waktu dan meningkatkan daya tarik siswa terhadap materi.

Tahap ketiga adalah adaptasi, di mana guru mulai menyesuaikan strategi pengajarnya dengan teknologi yang digunakan. Ini adalah fase di mana guru memodifikasi konten dan aktivitas pembelajaran agar lebih optimal melalui teknologi, seperti menyusun kuis interaktif, memanfaatkan simulasi digital, atau membuat proyek kolaboratif daring.

Tahap puncak adalah transformasi. Pada fase ini, guru tidak lagi melihat teknologi sebagai pelengkap, tetapi sebagai alat transformatif yang mampu menciptakan pengalaman belajar yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan. Misalnya, siswa SMK jurusan teknik elektro bisa merancang rangkaian listrik melalui simulasi 3D dan mempresentasikannya secara virtual dengan narasi teknis yang terstruktur.

Transformasi ini didukung oleh model SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) dari Puentedura (2006). Model ini menunjukkan tingkat kedalaman integrasi teknologi, dimulai dari substitusi (pengganti alat analog), augmentasi (peningkatan efisiensi), modifikasi (perubahan signifikan dalam aktivitas), hingga redefinisi (menciptakan aktivitas baru yang tidak mungkin tanpa teknologi).

Dalam konteks perencanaan pembelajaran SMK, guru perlu menggabungkan model SAMR dan TPACK secara harmonis. TPACK memastikan sinergi antara teknologi, pedagogi, dan konten; sedangkan SAMR membantu guru mengevaluasi tingkat efektivitas penggunaan teknologi tersebut.

Perencanaan berbasis TPACK harus dimulai dari tujuan pembelajaran. Guru perlu menanyakan: Apa kompetensi dasar yang ingin dicapai? Apa pengetahuan dan keterampilan yang ingin dibangun? Setelah itu, guru menentukan pendekatan pedagogis yang relevan, misalnya pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran berbasis masalah, atau flipped classroom.

Baru setelah strategi ditentukan, guru memilih teknologi yang mendukung pencapaian tujuan dan selaras dengan strategi yang dipilih. Pemilihan teknologi harus mempertimbangkan kemudahan penggunaan, keterjangkauan, keterhubungan dengan kehidupan nyata, dan daya dukung infrastruktur sekolah.

Salah satu alat bantu yang berguna dalam tahap perencanaan adalah TPACK Lesson Plan Template. Template ini membantu guru mengorganisasi perencanaan mereka dalam tiga dimensi utama (T, P, dan C) dan menghubungkannya dalam konteks aktivitas belajar yang spesifik. Ini juga mendorong guru untuk secara sadar memilih strategi dan teknologi yang saling memperkuat.

Rencana pembelajaran yang baik harus fleksibel dan terbuka terhadap perubahan. Evaluasi formatif dan umpan balik dari siswa menjadi bagian penting dari tahapan ini. Guru perlu bersedia mengadaptasi pendekatan jika teknologi yang digunakan tidak berjalan sesuai harapan atau tidak memberi dampak signifikan terhadap keterlibatan siswa.

Penting juga untuk memahami bahwa integrasi teknologi bukan soal berapa banyak aplikasi yang digunakan, tetapi seberapa dalam pengaruhnya terhadap kualitas pembelajaran. Seorang guru yang hanya menggunakan satu aplikasi sederhana namun mampu mengaktifkan pemikiran kritis dan kolaborasi siswa memiliki nilai lebih daripada yang menggunakan banyak alat tapi tanpa arah pedagogis yang jelas.

Di SMK, integrasi teknologi dalam perencanaan harus juga mempertimbangkan konteks industri. Teknologi yang digunakan sebaiknya mencerminkan perangkat, software, atau sistem yang digunakan di dunia kerja agar siswa terbiasa dan tidak mengalami culture shock saat terjun ke lapangan.

Oleh karena itu, keterlibatan dunia industri dalam perencanaan juga dapat menjadi langkah strategis. Guru bisa berdiskusi dengan mitra industri tentang teknologi apa yang relevan dan bagaimana cara mengintegrasikannya dalam kurikulum. Ini akan memperkuat aspek teaching factory dan membuat pembelajaran lebih autentik.

Kolaborasi antar guru juga menjadi bagian penting dalam tahapan perencanaan ini. Perencanaan kolaboratif antar guru mata pelajaran dan guru TIK bisa menghasilkan rancangan pembelajaran yang lebih kaya dan bermakna. Misalnya, guru bahasa Indonesia dan guru teknik otomotif bisa merancang proyek membuat manual perakitan mesin yang dikemas dalam bentuk video interaktif.

Akhirnya, tahap perencanaan tidak boleh dilihat sebagai pekerjaan administratif semata, tetapi sebagai ruang kreatif untuk menciptakan pembelajaran yang hidup dan menginspirasi. Guru adalah arsitek dari pengalaman belajar, dan integrasi teknologi adalah salah satu bahan bangunan penting dalam merancang masa depan pendidikan vokasi yang inovatif dan relevan dengan zaman.

## **B. Pilihan Teknologi Edukatif dan Aplikatif**

Di tengah derasnya arus digitalisasi, pemilihan teknologi edukatif yang tepat menjadi elemen krusial dalam proses integrasi TPACK di kelas. Teknologi yang dipilih tidak sekadar canggih, tetapi harus kontekstual, aplikatif, dan mendukung strategi pedagogis serta karakteristik konten pembelajaran. Dalam konteks SMK, teknologi harus

mampu menghadirkan pengalaman belajar yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja sekaligus merangsang kreativitas dan kolaborasi siswa.

Beberapa kajian mengindikasikan bahwa efektivitas teknologi dalam pembelajaran sangat ditentukan oleh relevansi antara fitur digital dengan strategi pembelajaran yang digunakan. Mishra dan Koehler (2006) menekankan bahwa sinergi antara konten, pedagogi, dan teknologi tidak dapat dipisahkan dari konteks penggunaan. Oleh karena itu, guru perlu cermat menilai manfaat, kemudahan penggunaan, serta dukungan teknis dari setiap perangkat atau aplikasi yang akan digunakan.

Dalam praktiknya, terdapat sejumlah teknologi edukatif yang terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa SMK. Misalnya, Learning Management System (LMS) seperti Google Classroom, Moodle, atau Edmodo yang memungkinkan guru menyusun modul, menilai tugas, dan membangun komunikasi interaktif secara daring. LMS menjadi tulang punggung dalam pembelajaran campuran yang fleksibel dan terdokumentasi.

Teknologi presentasi interaktif seperti Mentimeter, Nearpod, dan Padlet juga semakin populer digunakan guru SMK. Aplikasi ini memudahkan guru memfasilitasi pembelajaran partisipatif, mengukur pemahaman siswa secara real-time, dan memberikan variasi aktivitas kelas yang menarik. Fleksibilitas fitur yang dimiliki menjadikan teknologi ini inklusif untuk berbagai jenis pelajaran, dari akuntansi hingga teknik kendaraan ringan.

Di bidang simulasi dan virtualisasi, penggunaan tools seperti PhET, Tinkercad, dan AutoCAD memberikan kontribusi besar dalam pembelajaran praktik. Guru teknik, misalnya, dapat memanfaatkan Tinkercad untuk mengenalkan prinsip kelistrikan dan desain elektronik secara virtual tanpa harus memiliki perangkat keras mahal. Ini tidak hanya meningkatkan aksesibilitas, tetapi juga mempercepat pemahaman konsep.

Penggunaan teknologi augmented reality (AR) dan virtual reality (VR) juga mulai merambah ke ruang kelas SMK. Teknologi ini menghadirkan pengalaman belajar imersif yang memungkinkan siswa mengeksplorasi objek tiga dimensi, simulasi laboratorium, atau lingkungan industri. Studi oleh Dunleavy et al. (2009) menunjukkan

bahwa AR mampu meningkatkan minat belajar dan persepsi siswa terhadap pembelajaran berbasis proyek.

Platform pembelajaran berbasis video seperti YouTube, Khan Academy, dan Ruangguru dapat dimanfaatkan untuk memberikan materi pengayaan atau remedial. Video pembelajaran memungkinkan siswa belajar ulang di luar jam kelas dan mengakomodasi gaya belajar visual-auditori. Namun, guru perlu kurasi konten agar sesuai dengan standar dan tujuan pembelajaran.

Dalam ranah komunikasi dan kolaborasi, aplikasi seperti Google Docs, Jamboard, dan Microsoft Teams memungkinkan siswa bekerja bersama dalam satu dokumen, membuat presentasi kolaboratif, dan berdiskusi dalam ruang virtual. Ini selaras dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan kolaboratif yang diusung dalam STEAM.

Teknologi pembuat kuis dan evaluasi seperti Quizizz, Kahoot!, dan Socrative terbukti efektif membangun keterlibatan siswa secara aktif. Selain menyenangkan, aplikasi ini memungkinkan guru memperoleh data instan tentang pemahaman siswa dan menyesuaikan pembelajaran secara responsif. Dalam konteks pembelajaran daring, teknologi ini menjadi jembatan interaksi yang efektif.

Di bidang keterampilan vokasi, penggunaan perangkat lunak industri seperti AutoCAD, CorelDraw, Adobe Illustrator, SketchUp, atau aplikasi desain CNC menjadi sangat penting. Penggunaan software ini mendekatkan siswa pada dunia kerja riil dan membangun portofolio keterampilan yang kompetitif. Guru perlu berperan sebagai fasilitator sekaligus pembelajar aktif terhadap perkembangan perangkat ini. Selain teknologi berskala besar, aplikasi sederhana seperti Canva untuk desain grafis, Trello untuk manajemen proyek, atau Notion untuk pencatatan pembelajaran juga dapat diintegrasikan dengan mudah ke dalam proses belajar mengajar. Pemilihan teknologi ini dapat disesuaikan dengan tingkat literasi digital guru dan siswa.

Tidak semua teknologi cocok untuk semua mata pelajaran. Oleh karena itu, guru perlu melakukan pemetaan tujuan pembelajaran, karakteristik siswa, serta jenis

kegiatan belajar yang ingin dikembangkan. Pilihan teknologi yang tepat akan meningkatkan efektivitas pembelajaran dan memperluas ruang eksplorasi siswa.

Dalam pemilihan teknologi, prinsip *cost-effective* perlu diperhatikan. Aplikasi gratis dan *open-source* dapat menjadi alternatif cerdas bagi sekolah dengan keterbatasan anggaran. Yang utama adalah bagaimana guru memanfaatkan teknologi tersebut secara kreatif, bukan seberapa mahal atau modern aplikasinya.

Literasi digital menjadi syarat utama dalam pemilihan teknologi. Guru perlu meningkatkan kapasitas dirinya melalui pelatihan, komunitas belajar, atau eksplorasi mandiri agar tidak terjebak pada aplikasi yang itu-itu saja. Variasi penggunaan teknologi akan memperkaya pengalaman belajar siswa. Penelitian dari OECD (2021) menegaskan bahwa teknologi tidak secara otomatis meningkatkan hasil belajar. Dampaknya bergantung pada bagaimana guru mendesain interaksi antara siswa dengan teknologi. Di sinilah peran guru sebagai desainer pengalaman belajar digital menjadi vital.

Evaluasi efektivitas teknologi juga penting dilakukan. Guru dapat menggunakan *feedback* siswa, observasi, dan data asesmen untuk menilai apakah aplikasi yang digunakan benar-benar mendukung pencapaian tujuan pembelajaran. Teknologi yang tidak relevan sebaiknya dievaluasi ulang atau diganti. Untuk memudahkan guru dalam memilih teknologi, sekolah dapat mengembangkan katalog teknologi edukatif yang diklasifikasikan berdasarkan tujuan, fitur, dan konteks penggunaan. Katalog ini menjadi rujukan praktis bagi guru ketika merancang pembelajaran berbasis TPACK.

Akhirnya, pilihan teknologi bukan tentang mengikuti tren semata, melainkan tentang kebermaknaan pedagogis dan manfaat nyata bagi pembelajaran siswa. Dengan pemahaman yang baik tentang karakteristik teknologi dan kecocokannya dengan desain pembelajaran, guru SMK dapat menjadi arsitek pembelajaran digital yang adaptif dan inspiratif. Pada bab berikutnya, kita akan menyinergikan pilihan teknologi ini dengan kurikulum dan penilaian dalam skema TPACK yang utuh. Karena sejatinya, teknologi hanya akan bermakna jika terintegrasi dengan tujuan dan nilai pembelajaran yang ingin dicapai.

### C. Sinkronisasi TPACK dalam Kurikulum dan Asesmen

Sinkronisasi TPACK dalam kurikulum dan asesmen menjadi krusial untuk memastikan integrasi teknologi, pedagogi, dan konten berjalan harmonis dalam praktik pendidikan vokasi. Dalam konteks SMK, kurikulum tidak hanya dituntut menyampaikan pengetahuan, tetapi juga harus menyatu dengan perkembangan industri dan teknologi digital. Oleh karena itu, TPACK berfungsi sebagai jembatan untuk menerjemahkan kompetensi kurikuler ke dalam pembelajaran yang inovatif dan relevan. Menurut Mishra & Koehler (2006), keberhasilan implementasi TPACK bergantung pada sejauh mana guru mampu mensinergikan ketiga unsur utama—teknologi, pedagogi, dan konten ke dalam kurikulum dan sistem evaluasi.

Integrasi TPACK ke dalam kurikulum tidak bisa dilakukan secara instan atau sekadar menambahkan aplikasi teknologi dalam rencana pembelajaran. Diperlukan pemetaan kompetensi inti siswa dengan kebutuhan dunia kerja, kemudian ditransformasikan menjadi unit pembelajaran berbasis proyek, pemecahan masalah, dan kolaboratif. Kurikulum Merdeka yang saat ini diterapkan di Indonesia membuka ruang luas untuk fleksibilitas tersebut. Guru dapat merancang modul ajar yang mengandung konten kontekstual, strategi pedagogis yang adaptif, dan dukungan teknologi yang memperkuat keterlibatan siswa.

Sinkronisasi juga mencakup keseimbangan antara tujuan belajar, strategi mengajar, dan teknik asesmen. Bloom's Taxonomy yang telah direvisi oleh Anderson dan Krathwohl (2001) menjadi dasar dalam menyusun tujuan kognitif secara vertikal, dari mengingat hingga mencipta. Tujuan-tujuan ini kemudian dikaitkan dengan pendekatan pedagogi yang sesuai, seperti flipped classroom, inquiry-based learning, atau gamifikasi, dan didukung oleh teknologi seperti platform LMS, video pembelajaran, atau alat kolaborasi daring. Penilaian pun harus disesuaikan, tidak hanya mengandalkan tes pilihan ganda, tetapi juga asesmen otentik, portofolio, rubrik proyek, dan presentasi digital.

Dalam praktiknya, guru SMK yang menerapkan TPACK secara utuh melakukan rekontekstualisasi kurikulum. Mereka melihat SK dan KD bukan sekadar daftar konten, tetapi peluang menciptakan pengalaman belajar yang memicu kreativitas dan literasi

digital siswa. Guru perlu memiliki kemampuan mendesain pembelajaran yang fleksibel: satu topik bisa dikembangkan menjadi tantangan nyata yang memerlukan kolaborasi antar siswa, investigasi mendalam, dan penggunaan alat digital seperti Canva, Scratch, AutoCAD, atau software akuntansi.

Asesmen dalam pendekatan TPACK tidak bisa dipisahkan dari proses pembelajaran. Asesmen formatif dilakukan secara terus-menerus untuk memberi umpan balik konstruktif. Teknologi seperti Google Forms, Kahoot, atau Padlet dapat digunakan untuk mengumpulkan data pemahaman siswa. Sementara asesmen sumatif bisa berbentuk presentasi digital, laporan video, atau karya inovatif yang mencerminkan penguasaan kompetensi baik dari sisi konten, proses berpikir, maupun penggunaan teknologi.

Integrasi TPACK ke dalam kurikulum juga menuntut peran kepala sekolah dan pengembang kurikulum untuk memberi ruang inovasi. Kurikulum tidak lagi bersifat kaku, melainkan berbasis kebutuhan kontekstual lokal, potensi siswa, dan kesiapan guru dalam menggunakan teknologi. Model backward design dari Wiggins & McTighe (2005) dapat menjadi pendekatan efektif: mulai dari menetapkan tujuan akhir, menentukan asesmen yang sesuai, dan merancang pembelajaran yang mengarah ke tujuan tersebut dengan pendekatan TPACK.

Lebih jauh lagi, sinkronisasi TPACK ke dalam asesmen mendorong terbangunnya budaya reflektif di kalangan guru. Evaluasi tidak hanya berfokus pada hasil siswa, tetapi juga bagaimana proses belajar terjadi, bagaimana teknologi mendukung (atau justru menghambat) pembelajaran, dan bagaimana pendekatan pedagogis dapat ditingkatkan. Guru didorong membuat jurnal reflektif, diskusi dalam komunitas belajar, dan pengembangan rubrik evaluasi mandiri.

Pengembangan instrumen penilaian dalam konteks TPACK juga menjadi tantangan tersendiri. Guru perlu memahami bagaimana menilai aspek kognitif, afektif, dan psikomotor siswa dalam satu kesatuan proyek digital. Misalnya, bagaimana menilai kemampuan berpikir kritis siswa melalui vlog pembelajaran, atau menilai kerjasama tim dari proyek coding berbasis masalah nyata. Ini menuntut penguasaan asesmen autentik dan kepekaan pedagogis.

Penelitian oleh Chai et al. (2013) menunjukkan bahwa guru yang memiliki literasi TPACK yang baik cenderung mampu mengembangkan kurikulum dan asesmen yang lebih fleksibel, responsif, dan relevan. Mereka tidak terpaku pada struktur lama, melainkan merancang skenario pembelajaran yang dinamis dan adaptif. Ini menjadikan proses belajar lebih menarik, bermakna, dan kontekstual bagi siswa SMK yang cenderung lebih responsif terhadap pengalaman praktik.

Keterlibatan siswa dalam proses perencanaan juga menjadi strategi sinkronisasi. Dengan membuka ruang masukan dari siswa mengenai jenis teknologi yang mereka sukai, metode belajar yang paling mereka responsifkan, atau jenis asesmen yang membuat mereka termotivasi, guru dapat menyusun pembelajaran yang lebih student-centered. Ini adalah bentuk aktualisasi dari pendekatan konstruktivistik dalam desain kurikulum.

Dalam konteks pendidikan vokasi, sinkronisasi TPACK juga berkaitan dengan asesmen berbasis dunia industri. Kolaborasi dengan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri) dapat dilakukan dalam menyusun asesmen berbasis proyek, mengundang praktisi industri untuk memberikan umpan balik atas produk siswa, atau menyelenggarakan uji kompetensi berbasis platform digital yang relevan dengan bidang keahlian.

Terakhir, sinkronisasi TPACK dalam kurikulum dan asesmen memerlukan budaya inovasi yang kuat di sekolah. Ini bukan hanya tugas guru teknologi atau tim kurikulum, melainkan misi bersama seluruh warga sekolah. Dengan komitmen kolektif, pelatihan berkelanjutan, dan dokumentasi praktik baik, sekolah dapat menjadikan TPACK sebagai DNA dari seluruh proses pembelajaran abad 21.

#### **D. Model Mikro-Teaching dengan Pendekatan TPACK**

Mikro-teaching merupakan salah satu pendekatan yang efektif dalam membina keterampilan pedagogis guru, terlebih dalam konteks penerapan TPACK. Dengan durasi dan skenario pembelajaran yang lebih singkat, mikro-teaching memungkinkan guru untuk mengintegrasikan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten secara eksploratif tanpa tekanan suasana kelas sebenarnya. Praktik ini menjadi wahana refleksi dan

eksperimen, di mana guru dapat menguji pendekatan, mengevaluasi respons siswa, dan memperbaiki strategi pengajaran mereka secara langsung.

Dalam konteks SMK, model mikro-teaching berbasis TPACK dapat dimanfaatkan untuk mengasah kemampuan guru dalam menggunakan perangkat teknologi seperti simulasi industri, perangkat lunak desain, atau platform digital pembelajaran. Guru, misalnya, dapat mendesain simulasi proses produksi menggunakan perangkat lunak CAD/CAM, kemudian menguji cara menyampaikannya kepada siswa melalui metode berbasis proyek. Ini memberikan pengalaman belajar otentik, tidak hanya bagi siswa namun juga bagi guru sebagai praktisi reflektif.

Pendekatan mikro-teaching yang mengintegrasikan TPACK menuntut guru memahami titik temu antara teknologi yang digunakan dengan pendekatan pedagogis yang sesuai, dan konten yang relevan dengan kebutuhan siswa SMK. Menurut Mishra & Koehler (2006), TPACK bukan sekadar tumpukan tiga domain pengetahuan, melainkan kerangka kerja dinamis yang menekankan keterkaitan dan interdependensi. Oleh karena itu, dalam simulasi mikro-teaching, guru harus mempertimbangkan bagaimana elemen-elemen tersebut saling menguatkan, bukan berjalan sendiri-sendiri.

Sesi mikro-teaching juga menjadi tempat guru belajar menerima umpan balik konstruktif. Dengan melibatkan rekan sejawat sebagai pengamat, proses refleksi dapat dilakukan secara kolaboratif. Guru dapat mengenali kekuatan dan kelemahan dalam integrasi TPACK yang mereka terapkan. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Koh, Chai & Tsai (2013), yang menunjukkan bahwa pelatihan berbasis mikro-teaching dengan pendekatan TPACK secara signifikan meningkatkan kepercayaan diri dan efektivitas guru dalam mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran.

Lebih lanjut, praktik mikro-teaching dapat difasilitasi dalam komunitas belajar profesional atau melalui program pelatihan daring (e-learning) yang memungkinkan guru dari berbagai daerah saling berbagi praktik terbaik. Platform seperti Google Classroom, Edmodo, atau Microsoft Teams dapat digunakan sebagai arena untuk mengunggah video pengajaran singkat, mendapatkan masukan, dan membangun diskusi reflektif. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya bersifat lokal, tetapi juga berpotensi menjadi jembatan inovasi lintas sekolah.

Agar model mikro-teaching berbasis TPACK berjalan efektif, penting bagi sekolah menyediakan panduan dan rubrik observasi yang komprehensif. Rubrik tersebut harus menilai sejauh mana guru mampu mengintegrasikan teknologi dengan pedagogi dan konten, baik dalam desain pembelajaran maupun dalam penyampaian. Penilaian tidak hanya berfokus pada penguasaan alat, melainkan pada kesesuaian penggunaannya dalam meningkatkan pemahaman siswa.

Dalam konteks pengembangan profesionalisme guru SMK, mikro-teaching menjadi batu loncatan penting menuju praktik pembelajaran berbasis TPACK yang otentik dan berdaya guna. Guru tidak hanya diasah untuk mahir secara teknis, tetapi juga untuk reflektif secara pedagogis dan visioner secara konten. Ini menjadikan mereka bukan sekadar pengajar, tetapi fasilitator perubahan yang siap mengarungi tantangan pendidikan abad ke-21.

Model mikro-teaching yang dirancang secara strategis menjadi ekosistem belajar mikro yang bisa diperluas skalanya. Ketika dilakukan secara terstruktur dan konsisten, mikro-teaching mampu membangun budaya belajar yang kolaboratif dan berorientasi pada peningkatan kualitas pembelajaran. Praktik ini juga mendorong sekolah untuk menjadikan ruang guru sebagai ruang belajar kedua, bukan sekadar tempat administratif, melainkan tempat tumbuhnya transformasi pembelajaran yang nyata.

### **E. Refleksi Guru atas Praktik Pembelajaran Berbasis TPACK**

Refleksi merupakan salah satu kunci utama dalam pengembangan profesionalisme guru, terlebih dalam konteks pembelajaran berbasis TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge). Ketika guru mampu merefleksikan praktik mengajarnya melalui lensa TPACK, ia tidak hanya menilai seberapa efektif penggunaan teknologi, namun juga menimbang kesesuaian pendekatan pedagogis serta relevansi konten terhadap kebutuhan siswa. Refleksi semacam ini menjadi ruang kontemplasi untuk terus menyempurnakan integrasi teknologi dalam pembelajaran.

Guru yang menerapkan refleksi secara sistematis akan lebih peka terhadap dinamika kelas dan lebih cepat beradaptasi dengan kebutuhan siswa abad ke-21. Dalam

studi oleh Mishra & Koehler (2006), refleksi kritis atas praktik pembelajaran menjadi cara untuk mengkalibrasi keseimbangan antara teknologi, pedagogi, dan konten. Misalnya, jika teknologi yang digunakan kurang mendukung gaya belajar siswa, guru dapat mengganti alat tersebut dengan pendekatan lain yang lebih sesuai tanpa mengorbankan tujuan pedagogis.

Refleksi atas praktik TPACK juga membantu guru memahami bahwa penguasaan teknologi saja tidak menjamin efektivitas pembelajaran. Banyak guru merasa "melek digital", namun ketika teknologi tersebut tidak dipadukan secara bermakna dalam strategi mengajar dan isi pelajaran, maka hasil belajar siswa tidak akan optimal. Oleh karena itu, guru perlu mempertanyakan: apakah teknologi yang digunakan meningkatkan interaksi? Apakah mempermudah pemahaman siswa terhadap materi? Apakah relevan dengan konteks industri atau dunia nyata?

Dalam praktik di lapangan, guru SMK yang rutin melakukan refleksi cenderung lebih inovatif dan siap terhadap perubahan. Mereka berani mengevaluasi kegiatan belajar mengajar secara jujur, bahkan terhadap kegagalan sekalipun. Hal ini penting karena inovasi tak lahir dari zona nyaman, melainkan dari keberanian mencoba, gagal, lalu bangkit dengan strategi yang lebih tajam dan berdampak.

Salah satu teknik refleksi yang efektif adalah penggunaan jurnal pembelajaran guru. Dalam jurnal ini, guru mencatat proses perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi integrasi TPACK, termasuk dinamika kelas dan respons siswa. Data dari jurnal dapat menjadi bahan diskusi bersama rekan sejawat dalam komunitas belajar, sehingga terjadi pertukaran praktik baik dan solusi dari berbagai konteks pembelajaran.

Penguatan budaya refleksi juga dapat dilakukan melalui coaching dan mentoring antarguru. Ketika guru saling berbagi pengalaman dalam menyusun dan mengevaluasi desain pembelajaran TPACK, maka muncul pembelajaran kolektif yang memperkaya perspektif. Guru yang semula hanya fokus pada aspek teknologi, menjadi lebih terbuka untuk memikirkan pendekatan pedagogis yang lebih personal dan bermakna.

Refleksi tidak hanya perlu dilakukan di akhir pembelajaran, namun dapat dibangun sejak tahap perencanaan. Guru dapat menggunakan pertanyaan-pertanyaan pemicu seperti: "Apa nilai tambah teknologi ini?", "Apakah pendekatan ini memberdayakan siswa?", atau "Bagaimana saya menghubungkan konten dengan konteks dunia kerja?". Pertanyaan-pertanyaan tersebut menjaga guru tetap fokus pada tujuan utama pendidikan, yakni kebermaknaan dan kebermanfaatan bagi peserta didik.

Dalam konteks Kurikulum Merdeka, refleksi guru menjadi semakin krusial karena guru diharapkan menjadi perancang pembelajaran yang otonom dan adaptif. Tanpa refleksi, guru bisa terjebak dalam rutinitas tanpa inovasi. Dengan refleksi, guru bisa menyadari celah-celah peningkatan dan terus memperbaiki diri sesuai perkembangan zaman dan kebutuhan industri.

Penelitian oleh Archambault & Barnett (2010) menunjukkan bahwa refleksi berbasis TPACK meningkatkan kesadaran guru terhadap kompleksitas mengajar di era digital. Guru menjadi lebih sadar bahwa keberhasilan integrasi teknologi sangat ditentukan oleh keterpaduannya dengan strategi pengajaran yang inklusif dan konten yang kontekstual. Ini bukan pekerjaan yang mudah, namun refleksi membuat proses tersebut lebih sistematis dan terarah.

Bagi guru SMK, refleksi atas praktik TPACK juga menjadi alat untuk mengukur keterhubungan antara pembelajaran dan profil lulusan. Apakah materi dan pendekatan yang digunakan memfasilitasi keterampilan berpikir kritis, kolaboratif, kreatif, dan komunikatif? Apakah siswa merasa lebih siap menghadapi dunia kerja atau melanjutkan ke jenjang pendidikan tinggi? Pertanyaan-pertanyaan ini menjadi cermin arah dan relevansi pembelajaran.

Guru juga dapat memanfaatkan data asesmen formatif dan sumatif sebagai bagian dari refleksi. Data tersebut bisa mengungkap sejauh mana strategi pembelajaran TPACK efektif meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Dari sini, guru bisa melakukan penyesuaian seperti memperkaya konten, menyusun ulang urutan pembelajaran, atau mengganti teknologi pendukung dengan yang lebih sesuai.

Selain itu, teknologi juga dapat dimanfaatkan untuk mendukung refleksi itu sendiri. Misalnya, dengan menggunakan video rekaman saat mengajar, guru dapat mengamati interaksi kelas, mimik siswa, dan efektivitas penyampaian materi. Aplikasi portofolio digital seperti Seesaw atau Padlet juga memungkinkan guru mendokumentasikan proses pembelajaran untuk refleksi berkelanjutan.

Organisasi sekolah memiliki peran penting dalam membudayakan refleksi guru. Kepala sekolah dan pengawas sebaiknya tidak hanya fokus pada evaluasi administratif, tetapi menciptakan ruang reflektif melalui PLC (Professional Learning Community), supervisi klinis, atau lokakarya praktik baik. Dengan ekosistem yang mendukung, refleksi akan menjadi budaya yang menghidupkan inovasi.

Refleksi berbasis TPACK tidak hanya memperbaiki pembelajaran, tetapi juga memperkuat identitas profesional guru. Guru merasa memiliki kendali atas praktiknya, bertumbuh dari pengalaman, dan lebih percaya diri untuk menyesuaikan diri dengan perubahan pendidikan. Ini adalah fondasi penting menuju guru yang mandiri, kreatif, dan visioner.

Penting pula untuk memasukkan dimensi reflektif ke dalam pelatihan guru. Banyak pelatihan TIK atau TPACK yang terlalu teknis dan tidak memberi ruang untuk guru merenung dan berdialog. Padahal, proses belajar dewasa yang sejati terjadi saat ada keterlibatan emosional, penghayatan pengalaman, dan dialog reflektif antarpraktisi.

Sebagai penutup, refleksi guru atas praktik pembelajaran berbasis TPACK adalah denyut kehidupan profesionalisme guru abad ke-21. Refleksi menjembatani antara pengetahuan dan kebijaksanaan, antara teknologi dan nilai-nilai, antara perubahan dan konsistensi. Guru yang rutin merefleksikan praktiknya akan selalu relevan, adaptif, dan menjadi agen perubahan sejati di tengah dunia pendidikan yang terus bergerak.

## **F. Kendala Umum dan Solusi Lapangan**

Dalam proses integrasi TPACK ke dalam pembelajaran di SMK, guru sering kali menghadapi beragam kendala yang kompleks, baik dari aspek teknis, pedagogis, maupun

institusional. Kendala-kendala ini bukan hanya menjadi tantangan individu guru, tetapi juga mencerminkan kesiapan sistem pendidikan dalam mengakomodasi transformasi digital yang inklusif dan berkelanjutan. Oleh karena itu, memahami ragam kendala dan solusi lapangan menjadi krusial dalam memperkuat profesionalisme guru serta kualitas pembelajaran di era digital.

Salah satu kendala paling mendasar adalah keterbatasan infrastruktur teknologi di sekolah. Banyak guru SMK masih menghadapi masalah akses terhadap perangkat keras dan koneksi internet yang memadai. Menurut laporan Puslitjak Kemendikbudristek (2023), sekitar 41% sekolah kejuruan di Indonesia mengalami hambatan dalam penyediaan infrastruktur digital. Hal ini membuat guru kesulitan menerapkan teknologi secara optimal dalam proses belajar mengajar.

Selain itu, literasi digital guru masih menjadi tantangan signifikan. Meskipun sebagian guru telah akrab menggunakan teknologi dasar seperti presentasi digital dan media pembelajaran visual, banyak yang belum memiliki keterampilan dalam penggunaan aplikasi edukatif lanjutan, Learning Management System (LMS), ataupun software berbasis kolaboratif. Penelitian oleh Sudirman et al. (2022) menemukan bahwa hanya 32% guru SMK yang merasa percaya diri mengintegrasikan teknologi digital ke dalam strategi pedagogis mereka.

Aspek pedagogis juga tak luput dari hambatan. Integrasi TPACK menuntut perancangan pembelajaran yang kompleks, di mana guru harus memahami bagaimana konten pelajaran dapat dikemas dengan pendekatan pedagogi tertentu dan didukung oleh teknologi yang relevan. Banyak guru mengalami kebingungan saat merancang RPP yang menggabungkan ketiga komponen TPACK secara seimbang. Dalam konteks ini, pelatihan yang bersifat teknis saja tidak cukup diperlukan pelatihan berbasis praktik dan refleksi.

Kendala lainnya berkaitan dengan waktu dan beban kerja. Guru SMK umumnya memiliki beban administrasi, pengajaran praktik, dan pembimbingan siswa magang yang cukup tinggi. Hal ini membuat mereka sulit meluangkan waktu untuk eksplorasi dan eksperimen pembelajaran berbasis TPACK. Solusinya bukan semata pada pengurangan

beban, tetapi perlu adanya strategi manajemen waktu dan integrasi digital yang efisien, seperti penggunaan platform otomatisasi administrasi.

Dari sisi kebijakan, seringkali terdapat gap antara kebijakan pusat dan implementasi di tingkat satuan pendidikan. Meskipun kurikulum Merdeka membuka ruang untuk inovasi berbasis teknologi dan proyek, banyak kepala sekolah belum optimal mendorong atau memfasilitasi program penguatan TPACK guru. Perlu sinergi antara kepemimpinan sekolah, dukungan yayasan (bagi SMK swasta), dan kebijakan daerah untuk menciptakan ekosistem pembelajaran berbasis teknologi yang progresif.

Solusi lapangan yang mulai diterapkan di berbagai SMK mencakup pendekatan komunitas belajar berbasis TPACK. Misalnya, melalui *lesson study*, *co-teaching*, dan *peer mentoring*, guru dapat saling mendukung dan bertukar praktik baik dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran berbasis teknologi. Studi oleh Notoatmodjo dan Prasetyo (2023) menunjukkan bahwa sekolah yang mengembangkan komunitas pembelajar guru berbasis TPACK mengalami peningkatan signifikan dalam kualitas pembelajaran dan kepuasan siswa.

Penting pula untuk menyediakan ruang refleksi berkelanjutan bagi guru. Tidak semua kesalahan atau keterbatasan dalam penerapan TPACK harus dihindari; sebaliknya, harus dimaknai sebagai bagian dari proses belajar guru itu sendiri. Dengan menyediakan sesi refleksi terstruktur baik secara individu, kelompok, maupun bersama kepala sekolah guru dapat membangun *growth mindset* yang diperlukan untuk adaptasi berkelanjutan.

Pelatihan juga harus didesain ulang agar lebih kontekstual dan berpusat pada kebutuhan riil guru SMK. Alih-alih hanya memberi pelatihan satu arah, pendekatan *co-creation* antara penyelenggara pelatihan dan guru dapat menghasilkan modul pembelajaran yang lebih sesuai, aplikatif, dan berdampak langsung di kelas. Model *in-house training* atau *coaching* berbasis proyek menjadi salah satu opsi efektif.

Kunci penting lainnya adalah dokumentasi praktik baik dan diseminasi inovasi. Banyak guru telah mencoba strategi TPACK dalam bentuk pembelajaran berbasis simulasi, augmented reality, kolaborasi lintas kelas, atau integrasi aplikasi coding dalam

pelajaran produktif. Sayangnya, praktik-praktik ini sering tidak terdokumentasikan atau tidak sempat dibagikan. Oleh karena itu, sekolah perlu menyediakan platform atau forum untuk berbagi praktik baik secara sistemik.

Dalam jangka panjang, penguatan TPACK harus menjadi bagian dari rencana strategis pengembangan SDM sekolah. Bukan hanya sekadar inisiatif guru perorangan, tetapi bagian dari kebijakan mutu pendidikan di sekolah. Dengan menetapkan indikator kinerja TPACK dalam evaluasi guru, misalnya melalui e-portofolio, video praktik pembelajaran, atau evaluasi berbasis rekan sejawat, sekolah bisa mendorong profesionalisme guru yang lebih dinamis dan kontributif.

Tak kalah penting, keterlibatan siswa juga harus diperhitungkan sebagai mitra dalam pembelajaran berbasis TPACK. Dalam banyak praktik, siswa SMK justru lebih fasih dalam teknologi, dan bisa diajak sebagai *co-designer* dalam proyek digital. Pendekatan ini bukan hanya meningkatkan engagement siswa, tapi juga menumbuhkan budaya pembelajaran kolaboratif yang sejati.

Akhirnya, kendala bukanlah batas akhir, tetapi titik awal transformasi. Setiap hambatan adalah peluang untuk berpikir ulang, berinovasi, dan bertumbuh bersama. Dalam konteks SMK yang berada di garis depan pendidikan vokasi Indonesia, guru yang mampu mengatasi kendala dengan solusi nyata adalah garda terdepan perubahan. Dengan semangat kolaboratif, strategi adaptif, dan visi pembelajaran yang humanis, tantangan TPACK akan menjadi jembatan menuju transformasi pembelajaran yang berkelanjutan dan bermakna.

## BAB 8

### PEMBELAJARAN KODING DI KELAS NON-TIK

Jika Anda berpikir bahwa koding hanya untuk siswa jurusan TIK, maka Bab ini akan mematahkan asumsi itu secara elegan dan inspiratif. Bayangkan siswa jurusan otomotif memprogram sistem sensor parkir mobil, atau anak-anak agribisnis mengatur kelembapan rumah tanam otomatis lewat microcontroller semua ini bukan sekadar mungkin, tetapi sedang terjadi. Dunia kerja tidak lagi membatasi teknologi pada satu bidang, dan sekolah pun tidak boleh membatasi kreativitas pada satu jurusan.

Koding bukan sekadar mengetik baris perintah di layar hitam putih. Ia adalah bahasa baru abad ke-21 yang menyatukan logika, seni, sains, dan solusi. Guru-guru SMK dari jurusan apa pun dapat menjadi pelopor perubahan ini, bukan dengan menjadi pakar teknologi, tetapi dengan menjadi penggerak pembelajaran lintas-disiplin yang inovatif. Inilah saatnya menyambut koding sebagai kompetensi dasar baru, bukan sekadar keterampilan tambahan.

Bab ini mengajak guru menjemput masa depan dari dalam kelasnya sendiri. Dengan pendekatan berbasis proyek (*project-based learning*), pemanfaatan bahasa pemrograman visual, hingga integrasi ke dalam kegiatan P5, siswa dari jurusan non-TIK pun bisa mengalami pembelajaran berbasis teknologi yang menyenangkan, praktis, dan berdampak. Lebih dari itu, guru akan menemukan dirinya sebagai fasilitator yang menyalakan semangat eksplorasi digital, bukan sebagai teknisi yang menguasai semuanya.

Dilengkapi dengan strategi menyisipkan koding dalam kurikulum kejuruan, praktik inspiratif dari berbagai jurusan, hingga daftar tools gratis dan mudah digunakan, Bab ini adalah jembatan antara keterampilan abad 21 dan konteks SMK Indonesia. Inilah saatnya kelas non-TIK menjadi laboratorium kreativitas digital, dan guru apapun bidangnya menjadi arsitek perubahan pendidikan vokasi.

## A. Menyisipkan Koding dalam Proyek Otomotif, Agribisnis, DKV, dan lainnya

Koding telah mengalami evolusi dari sekadar keterampilan teknis menjadi literasi esensial abad 21, sebagaimana membaca dan menulis. Di lingkungan SMK, koding tidak lagi semata dimiliki oleh siswa jurusan Teknologi Informasi, melainkan bisa diintegrasikan dalam berbagai jurusan seperti otomotif, agribisnis, hingga desain komunikasi visual (DKV). Konsep lintas-disiplin ini mendorong pendidikan vokasional agar selaras dengan kebutuhan dunia kerja yang makin terdigitalisasi.

Dalam bidang otomotif, pemanfaatan koding dapat diwujudkan dalam proyek-proyek berbasis Arduino atau Raspberry Pi. Siswa dapat merancang sistem sensor parkir, kontrol lampu otomatis, atau simulasi kendaraan listrik dengan kendali logika. Menurut riset dari Purnama (2022), siswa yang belajar sistem embedded melalui koding menunjukkan peningkatan pemahaman teknis sebesar 37% dibandingkan metode konvensional.

Di jurusan agribisnis, koding hadir dalam bentuk sistem pertanian pintar. Penggunaan mikrokontroler untuk irigasi otomatis berbasis kelembaban tanah, pengukur suhu, dan pencahayaan rumah kaca menjadi praktik yang makin relevan. Studi yang dilakukan oleh Wirawan et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan alat digital berbasis koding di agribisnis meningkatkan efisiensi pemeliharaan tanaman hingga 28% dan mengurangi penggunaan air secara signifikan.

Jurusan DKV sering kali dipersepsikan jauh dari koding. Namun, dalam era digital visual, penguasaan dasar HTML, CSS, hingga JavaScript menjadi bekal berharga. Proyek interaktif berbasis web, infografis dinamis, dan aplikasi desain UI/UX dapat membuka peluang lebih besar dalam industri kreatif digital. Sebuah survei dari Adobe Education (2023) menunjukkan bahwa 65% portofolio lulusan DKV yang mengandung elemen interaktif memiliki daya saing lebih tinggi.

Integrasi ini tidak memerlukan transformasi radikal, tetapi dapat dimulai secara bertahap. Misalnya, siswa otomotif dapat membuat simulasi pengaturan suhu mesin, siswa agribisnis menyusun sistem peringatan tanaman, dan siswa DKV mendesain

poster interaktif dengan animasi kode. Pendekatan ini membumikan teknologi dalam pengalaman nyata siswa.

Salah satu pendekatan yang efektif dalam menyisipkan koding adalah melalui pendekatan project-based learning (PjBL) yang kontekstual. Di SMK, pendekatan ini memungkinkan guru mengaitkan topik mata pelajaran dengan tantangan lokal dan solusi digital. Kolaborasi antarguru lintas jurusan menjadi kunci agar proyek berjalan menyatu, bukan berdiri sendiri.

Sebagai contoh, kolaborasi antara jurusan teknik dan agribisnis dapat menghasilkan proyek sistem pemantauan suhu gudang hasil panen berbasis IoT. Sementara kerja sama antara DKV dan teknik komputer dapat menghasilkan papan informasi digital untuk promosi produk siswa. Praktik-praktik ini memperkaya pengalaman belajar dan memperkuat nilai kolaboratif lintas kompetensi.

Salah satu tantangan terbesar adalah rendahnya kepercayaan diri guru non-IT dalam mengajarkan koding. Namun, dengan pendekatan visual seperti Scratch, Blockly, dan Tinkercad, guru dapat mulai memahami konsep logika pemrograman tanpa harus memahami sintaks rumit. Pelatihan yang bersifat modular dan berbasis proyek kecil-kecilan menjadi strategi jitu.

Penguatan budaya literasi koding di SMK memerlukan dukungan sistemik dari pimpinan sekolah, kurikulum yang fleksibel, serta penguatan ekosistem belajar yang adaptif. Dengan mengaitkan koding dengan konteks mata pelajaran, siswa akan lebih mudah memahami manfaatnya dan tidak menganggapnya sekadar pelajaran tambahan yang rumit.

Sebagai bagian dari kurikulum Merdeka Belajar, guru diberikan ruang untuk mengembangkan pembelajaran berdiferensiasi dan berbasis proyek. Inilah momen penting untuk menyisipkan koding secara transformatif. Bahkan, kegiatan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) bisa dijadikan ruang eksplorasi teknologi sederhana yang relevan dan aplikatif.

Praktik baik integrasi koding dapat dilihat di SMK Negeri 1 Klaten, di mana siswa otomotif membuat proyek sistem keamanan kendaraan berbasis RFID dan sensor

jarak. Dalam prosesnya, mereka tidak hanya mempelajari teknik kendaraan, tetapi juga logika pemrograman, wiring, dan pengujian fungsi secara sistemik.

Sementara di SMK pertanian Kabupaten Bogor, guru agribisnis bekerja sama dengan siswa jurusan TKJ membuat sistem pendeteksi kelembaban tanah yang mengontrol pompa air otomatis. Proyek ini tidak hanya menjembatani lintas jurusan, tetapi juga menjadi portofolio inovasi yang bisa dipamerkan dalam lomba dan kemitraan dengan DUDI.

Penyisipan koding dalam pembelajaran kejuruan memberikan manfaat luas dalam meningkatkan daya saing lulusan. Mereka tidak hanya siap kerja di era industri 4.0, tetapi juga memiliki mindset kreatif dan adaptif terhadap perubahan. Kemampuan berpikir komputasional yang tumbuh dari proses koding mendorong siswa menjadi problem solver dan pembelajar sepanjang hayat.

Guru tidak harus menjadi programmer untuk mengajarkan koding. Peran guru lebih pada fasilitator yang mampu merancang pengalaman belajar yang menantang dan menyenangkan. Fokus pada proses eksplorasi, pemahaman konsep logika, dan kerja tim jauh lebih penting daripada hasil akhir yang sempurna.

Integrasi ini juga memperkuat nilai karakter seperti tekun, ulet, pantang menyerah, dan terbuka terhadap kegagalan. Dalam dunia koding, error adalah bagian dari pembelajaran. Budaya reflektif ini sejalan dengan semangat Merdeka Belajar yang menekankan pada proses dan keberanian mencoba.

Koding bukan semata perangkat teknis, tetapi bahasa baru yang harus dikuasai oleh generasi masa depan. Dalam ranah SMK, koding bisa menjadi alat untuk mengekspresikan gagasan, membangun sistem, dan menyelesaikan masalah nyata masyarakat. Jika diterapkan dengan hati dan strategi, koding akan menjadi alat pemberdayaan siswa dari berbagai jurusan.

## **B. Praktik Koding Visual (Scratch, Blockly, Arduino)**

Koding visual merupakan pendekatan revolusioner dalam dunia pendidikan yang memungkinkan siswa memahami konsep pemrograman tanpa harus terbebani oleh

sintaks yang kompleks. Platform seperti Scratch dan Blockly memberikan antarmuka berbasis blok, di mana siswa dapat menyusun logika dengan drag-and-drop, mirip seperti menyusun puzzle. Pendekatan ini sangat bermanfaat untuk siswa SMK yang berasal dari jurusan non-TIK, karena mampu menumbuhkan pemahaman logika pemrograman secara intuitif dan menyenangkan.

Menurut Brennan & Resnick (2012), Scratch bukan hanya alat untuk belajar koding, tetapi juga sebagai medium untuk berpikir kreatif, merancang proyek, dan berkolaborasi. Dalam konteks SMK, penggunaan Scratch dapat diintegrasikan dalam pelajaran matematika untuk membuat simulasi fungsi, atau dalam pelajaran seni untuk menciptakan animasi interaktif. Hal ini membuka peluang besar bagi guru non-IT untuk memanfaatkan teknologi sebagai penguat kurikulum dan pembelajaran berbasis proyek.

Blockly, yang dikembangkan oleh Google, juga menjadi solusi menarik karena mendukung konversi logika visual menjadi bahasa pemrograman nyata seperti JavaScript, Python, atau PHP. Ini membuka jembatan antara pemula dengan dunia koding profesional. Di SMK, Blockly dapat digunakan untuk merancang sistem automasi sederhana seperti pengatur waktu, lampu sensor, atau simulasi pemesanan online.

Sementara itu, Arduino menyediakan perangkat keras open-source yang dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman sederhana dan mudah diakses. Arduino sangat ideal untuk jurusan teknik otomotif, elektro, hingga agribisnis. Dengan sensor dan aktuator yang terhubung ke mikrokontroler, siswa bisa merancang alat penyiram otomatis, alarm suhu, hingga pengatur cahaya ruangan berbasis cahaya ambient.

Implementasi Arduino secara visual bisa difasilitasi melalui Tinkercad Circuits, platform simulasi 3D yang memungkinkan siswa mencoba dan memprogram Arduino secara daring. Menurut laporan dari Autodesk (2022), penggunaan Tinkercad dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap rangkaian elektronik dan logika pemrograman hingga 45% dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Keunggulan pendekatan koding visual terletak pada kemampuannya menyederhanakan konsep algoritma dan pemecahan masalah. Di balik setiap blok Scratch atau Blockly, tersembunyi struktur pemrograman seperti loop, conditional, dan

variabel. Dengan memanipulasi blok-blok ini, siswa sebenarnya sedang mempelajari dasar-dasar ilmu komputer secara implisit.

Integrasi platform seperti Micro:bit juga sangat aplikatif di lingkungan SMK. Dengan harga yang terjangkau dan komunitas global yang aktif, Micro:bit memungkinkan siswa membuat proyek seperti penghitung langkah, detektor getas, atau pemantau kelembaban ruangan. Interface pemrogramannya yang kompatibel dengan MakeCode (berbasis Blockly) menjadikan pengalaman belajar makin inklusif.

Dalam pendekatan pedagogi konstruktivistik, koding visual mendukung konsep "learning by making". Siswa tidak hanya memahami teori, tetapi langsung mengimplementasikannya dalam bentuk proyek nyata. Hal ini mengubah paradigma pembelajaran dari pasif menjadi aktif, dari konsumsi pengetahuan ke produksi solusi.

Koding visual juga terbukti meningkatkan kemampuan berpikir komputasional siswa. Menurut Grover & Pea (2018), keterampilan seperti dekomposisi masalah, abstraksi, algoritma, dan evaluasi solusi dapat dikembangkan secara signifikan melalui praktik pemrograman berbasis blok. Di SMK, ini relevan untuk menyiapkan siswa menjadi problem solver di era digital.

Salah satu kekuatan utama dari Scratch dan Blockly adalah komunitas daring yang besar dan suportif. Siswa dan guru dapat berbagi proyek, mencari inspirasi, dan mengunduh modul yang relevan dengan mata pelajaran. Komunitas ini menjadi ekosistem belajar terbuka yang mempercepat literasi digital dan kreativitas.

Dalam studi kasus di SMK Negeri 2 Semarang, guru desain komunikasi visual menggunakan Scratch untuk merancang proyek cerita digital interaktif. Siswa membuat karakter, animasi, dan interaksi dengan logika kondisi, menghasilkan narasi digital yang kaya dan menarik. Praktik ini membuktikan bahwa koding bukan sekadar alat teknis, tapi juga wahana ekspresi artistik.

Di SMK dengan jurusan agribisnis, guru memanfaatkan Blockly untuk merancang sistem pengatur kelembaban berbasis sensor. Siswa belajar mengatur logika "jika maka" untuk menyalakan pompa air saat kelembaban tanah rendah. Selain

mengembangkan kemampuan koding, siswa juga memahami prinsip sains dan keberlanjutan dalam praktiknya.

Platform seperti App Inventor juga relevan digunakan untuk jurusan bisnis dan manajemen. Dengan antarmuka visual, siswa dapat membuat aplikasi kasir sederhana, aplikasi keuangan pribadi, atau sistem pengingat tugas. Ini memperkuat pemahaman siswa tentang aplikasi teknologi dalam dunia bisnis dan layanan.

Untuk jurusan pariwisata, guru dapat menggunakan Blockly untuk merancang aplikasi pemandu wisata digital berbasis teks dan gambar. Proyek ini menggabungkan kompetensi promosi, komunikasi, dan teknologi dalam satu kesatuan yang aplikatif. Ini mencerminkan karakter pembelajaran vokasional yang kontekstual.

Penggunaan platform visual juga sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka yang menekankan diferensiasi, kebebasan guru, dan eksplorasi proyek. Dengan alat visual, guru dapat menyesuaikan level tantangan sesuai kemampuan siswa tanpa mengorbankan kualitas pembelajaran. Pelatihan bagi guru non-TIK dalam penggunaan koding visual sangat krusial. Modul pelatihan dapat disusun berbasis proyek nyata, dengan tingkat kesulitan bertahap, serta dilengkapi video tutorial, forum diskusi, dan pendampingan daring. Inisiatif seperti inilah yang akan membangun kepercayaan diri guru dan memperluas praktik baik.

Evaluasi terhadap pembelajaran koding visual tidak harus berbentuk kuis atau ujian. Lebih tepat jika dilakukan melalui rubrik penilaian proyek, jurnal refleksi siswa, dan presentasi hasil karya. Ini mendorong asesmen autentik dan mendalam terhadap proses berpikir siswa.

Dengan memadukan koding visual dan pendekatan pembelajaran berbasis proyek, SMK dapat membekali siswa dengan keterampilan masa depan tanpa mengasingkan mereka yang belum akrab dengan dunia IT. Teknologi menjadi jembatan inklusif, bukan tembok eksklusif. Akhirnya, praktik koding visual di SMK bukan sekadar pengenalan teknologi, tetapi juga strategi transformatif untuk memanusiakan pendidikan digital. Koding menjadi alat untuk berpikir, berkarya, dan berkontribusi bagi dunia yang terus berubah.

Dalam upaya mengintegrasikan literasi digital di berbagai konteks pembelajaran SMK, penggunaan platform koding visual seperti Scratch, Blockly, dan Arduino menjadi pendekatan yang inklusif dan efektif. Koding visual adalah pendekatan pemrograman yang memanfaatkan blok-blok instruksi berbasis grafis, sehingga mempermudah pemahaman logika pemrograman tanpa harus menulis sintaks secara eksplisit. Pendekatan ini sangat relevan bagi siswa dan guru yang tidak memiliki latar belakang teknologi informasi, terutama di kelas-kelas non-TIK. Scratch, misalnya, dikembangkan oleh MIT Media Lab untuk mendekatkan pemrograman kepada anak-anak dan remaja melalui media interaktif yang menyenangkan (Resnick et al., 2009).

Scratch telah digunakan dalam ribuan proyek pembelajaran di seluruh dunia. Dalam konteks SMK, siswa jurusan Desain Komunikasi Visual (DKV) dapat menggunakan Scratch untuk membuat animasi, simulasi desain, atau storytelling interaktif. Hal ini bukan hanya melatih kemampuan teknis, tapi juga mengasah literasi visual, komunikasi naratif, serta kemampuan berpikir komputasional. Blockly, yang dikembangkan oleh Google, menawarkan pendekatan serupa dengan fleksibilitas tinggi, dapat diintegrasikan dalam proyek robotik maupun aplikasi edukatif yang lebih kompleks. Blockly juga kompatibel dengan bahasa pemrograman JavaScript, yang membuka jalan bagi transisi dari koding visual ke teksual.

Arduino, di sisi lain, menjadi jembatan penting antara koding dan perangkat keras. Platform ini memungkinkan siswa SMK menghubungkan logika pemrograman dengan dunia fisik, seperti membuat prototipe sistem otomatisasi, alat monitoring suhu, atau pencahayaan berbasis sensor. Arduino memanfaatkan bahasa pemrograman C/C++, tetapi memiliki komunitas global yang menyediakan ribuan pustaka kode terbuka dan tutorial yang mudah dipahami oleh pemula. Arduino juga sangat ideal untuk digunakan dalam proyek lintas jurusan otomotif, agribisnis, tata boga, hingga teknik audio video karena fleksibilitas dan harga perangkat yang terjangkau.

Implementasi koding visual tidak hanya terbatas pada penggunaan perangkat lunak atau hardware, tetapi juga pada pendekatan pedagogis yang digunakan guru. Misalnya, pendekatan constructionism (Papert, 1980) menekankan bahwa siswa belajar paling baik saat mereka aktif menciptakan sesuatu yang bermakna. Dalam hal ini, koding

visual berperan sebagai medium penciptaan dan eksplorasi. Guru dapat memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek, di mana siswa bukan sekadar pengguna teknologi, tetapi menjadi kreator yang menggabungkan konsep dari berbagai mata pelajaran.

Penelitian oleh Kalelioglu dan Gülbahar (2014) menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan Scratch dapat meningkatkan keterampilan berpikir komputasional, kreativitas, dan pemecahan masalah siswa. Sementara studi lain oleh Sentance et al. (2017) menyoroti bahwa koding visual mampu menumbuhkan minat siswa terhadap STEM dan mempersempit kesenjangan literasi digital antara siswa laki-laki dan perempuan. Hal ini menunjukkan potensi koding visual sebagai sarana pendidikan yang inklusif, lintas gender dan lintas jurusan.

Dalam konteks SMK, penerapan koding visual dapat diintegrasikan dalam kegiatan intrakurikuler maupun ekstrakurikuler. Misalnya, siswa jurusan agribisnis dapat membuat simulasi pertumbuhan tanaman berdasarkan parameter cuaca menggunakan Scratch, atau jurusan akuntansi dapat membuat kalkulator keuangan sederhana. Proyek-proyek ini tidak hanya menumbuhkan kompetensi digital, tetapi juga meningkatkan pemahaman konten kejuruan secara lebih aplikatif.

Untuk mendukung keberhasilan implementasi, pelatihan guru menjadi sangat penting. Guru perlu diperkenalkan pada ekosistem koding visual yang ramah pemula, sekaligus dibekali dengan strategi pedagogis berbasis proyek dan kolaborasi. Platform seperti Code.org, CS First (Google), dan MIT Scratch Community menawarkan materi pelatihan gratis dan berbasis komunitas yang sangat mendukung pengembangan profesional guru.

Lebih jauh, integrasi koding visual dapat menjadi bagian dari kurikulum Merdeka Belajar dan Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5). Misalnya, proyek dengan tema "Kewirausahaan Digital" dapat memanfaatkan Scratch untuk membuat iklan animasi produk siswa, atau Blockly untuk mendesain game edukatif lokal. Koding dalam konteks ini tidak hanya teknis, tetapi juga menjadi media ekspresi, pemecahan masalah, dan penguatan karakter.

Akhirnya, keberhasilan praktik koding visual di kelas non-TIK akan sangat bergantung pada keberanian guru untuk bereksperimen, berkolaborasi, dan terus belajar. Koding bukan lagi milik eksklusif dunia komputer, tetapi telah menjadi bahasa universal abad 21 yang bisa diakses oleh siapa saja, termasuk guru dan siswa SMK dari berbagai bidang keahlian. Dengan pendekatan yang tepat, koding visual dapat menjadi jalan masuk menuju transformasi pembelajaran yang lebih kreatif, kolaboratif, dan kontekstual.

### C. Penerapan Microcontroller dalam Produk Siswa

Microcontroller telah menjadi elemen sentral dalam berbagai proyek teknologi yang kini merambah ke berbagai jurusan di SMK, tak terbatas pada bidang teknologi informasi saja. Komponen seperti Arduino, ESP32, dan Raspberry Pi memungkinkan siswa membangun solusi berbasis IoT yang relevan dengan bidang keahliannya. Dalam jurusan otomotif, misalnya, siswa dapat merancang sistem kontrol suhu untuk ruang mesin atau mendesain smart mirror dengan fitur sensor. Jurusan agribisnis dapat memanfaatkan microcontroller untuk mengatur irigasi otomatis, sedangkan DKV (Desain Komunikasi Visual) dapat mengintegrasikan LED interaktif dalam instalasi seni berbasis sensor gerak.

Penerapan microcontroller dalam pembelajaran menawarkan pembelajaran kontekstual dan problem-based learning. Siswa ditantang untuk mendesain, merakit, dan memprogram solusi nyata dari kebutuhan di bidangnya. Ini sekaligus memperkenalkan mereka pada prinsip rekayasa dan pengujian prototipe, memperkuat kompetensi abad 21 seperti critical thinking, kolaborasi, dan literasi digital. Microcontroller juga memungkinkan pembelajaran STEAM terintegrasi dengan nyata: siswa menggabungkan ilmu fisika (sensor), matematika (penghitungan logika), seni (desain fisik), dan teknologi (pemrograman).

Hasil penelitian oleh Nuryanti et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi microcontroller dalam proyek siswa meningkatkan engagement, pemahaman konsep, dan minat terhadap STEM hingga 35% lebih tinggi dibandingkan model pembelajaran konvensional. Kegiatan ini juga mendorong siswa untuk terbiasa bekerja dalam tim lintas

keahlian. Mereka tidak hanya diajarkan bagaimana bekerja dengan alat, tetapi bagaimana berpikir sistemik dan menyusun solusi berorientasi masa depan.

Guru memiliki peran penting sebagai fasilitator dalam proyek berbasis microcontroller. Tidak harus menguasai semua bahasa pemrograman, guru cukup memahami alur logika dan struktur dasar coding yang digunakan dalam platform seperti Arduino IDE. Banyak sekolah kini mulai menyediakan pelatihan singkat berbasis modul atau kolaborasi dengan komunitas maker lokal. Platform seperti Tinkercad Circuits dan simulasi IoT berbasis cloud memungkinkan siswa dan guru mencoba eksperimen tanpa harus memiliki perangkat fisik terlebih dahulu.

Pembelajaran berbasis microcontroller sangat cocok diterapkan dalam kerangka Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5). Siswa belajar tidak hanya dari buku, tetapi melalui aksi langsung, dari kesalahan, dan keberhasilan. Tantangan utama memang terletak pada ketersediaan perangkat dan kesiapan guru. Namun, dengan perencanaan berbasis proyek sederhana dan fokus pada pemecahan masalah riil, hambatan tersebut dapat diminimalisasi.

Implementasi ini membuka peluang bagi integrasi pendidikan vokasi yang lebih futuristik dan aplikatif. Proyek-proyek berbasis microcontroller dapat dipamerkan dalam ajang lomba kreativitas, pameran sekolah, hingga menjadi bagian dari startup teknologi kecil-kecilan siswa. Tidak menutup kemungkinan, karya mereka akan menjadi cikal bakal inovasi produk lokal berbasis teknologi tepat guna yang bisa menjawab kebutuhan masyarakat sekitar.

Dengan demikian, penerapan microcontroller tidak hanya relevan tetapi mendesak untuk dimasukkan dalam strategi pembelajaran SMK. Ia menjembatani dunia nyata dengan kurikulum, mempertemukan pengetahuan dengan kreativitas, dan mendorong siswa untuk tidak sekadar lulus, tetapi unggul dan adaptif di era digital.

### D. Integrasi Koding dalam P5 dan Mata Pelajaran

Integrasi koding dalam kurikulum saat ini menemukan momentumnya lewat Program Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5), yang memberikan ruang luas bagi

pembelajaran kontekstual, lintas disiplin, dan berbasis proyek. Di sinilah koding mendapatkan habitat alaminya di antara kebutuhan membangun kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah nyata yang dihadapi siswa. P5 memungkinkan setiap guru, dari latar belakang bidang apa pun, menyisipkan koding sebagai alat dan medium pembelajaran untuk mengembangkan karakter dan kompetensi abad ke-21.

Implementasi koding dalam P5 bukan semata-mata mengajarkan teknologi, melainkan mendidik cara berpikir yang terstruktur dan solutif. Misalnya, dalam tema "Kewirausahaan Sosial", siswa dapat membuat aplikasi sederhana untuk menyosialisasikan produk UMKM lokal. Dalam tema "Gaya Hidup Berkelanjutan", siswa bisa merancang prototipe sensor irigasi berbasis Arduino. Kegiatan ini bukan hanya mengasah literasi digital siswa, tetapi juga menghubungkan pembelajaran dengan kehidupan nyata dan kebutuhan komunitas.

Koding juga dapat disisipkan ke dalam mata pelajaran reguler, seperti matematika, IPA, seni budaya, bahkan bahasa. Dalam matematika, misalnya, konsep fungsi dapat dijelaskan melalui logika pemrograman menggunakan Blockly. Dalam seni budaya, siswa dapat membuat animasi cerita rakyat Nusantara menggunakan Scratch. Dengan demikian, koding bukan menjadi mata pelajaran tersendiri, tetapi sebagai pendekatan pedagogis lintas-kurikulum yang mendekatkan siswa dengan teknologi tanpa mengasingkan konteks lokal.

Penelitian oleh Looi et al. (2020) menyatakan bahwa integrasi koding dalam pelajaran berbasis proyek meningkatkan engagement siswa hingga 38% dan membangun metakognisi yang lebih baik. Sementara itu, studi di SMK Negeri 1 Surakarta menunjukkan peningkatan pemahaman konsep STEM sebesar 24% setelah integrasi proyek Arduino ke dalam mata pelajaran produktif.

Keberhasilan integrasi ini menuntut guru untuk berkolaborasi dan merancang pembelajaran yang interdisipliner, terstruktur, dan fleksibel. Tidak perlu semua guru mahir koding cukup memahami potensi dan aplikasi sederhana, lalu mengaitkannya dengan tujuan pembelajaran dan kebutuhan siswa. Di sinilah peran tim pengembang kurikulum sekolah menjadi penting, untuk menyusun roadmap yang menyelaraskan P5, mata pelajaran, dan literasi koding.

Integrasi koding tidak mengganggu kurikulum, justru memperkaya. Ia memberi warna baru pada pembelajaran, mendorong siswa lebih aktif, dan memberi makna lebih dalam pada setiap proses belajar. Inilah kesempatan emas bagi SMK untuk menunjukkan bahwa pembelajaran digital bukan sekadar milik jurusan IT, tetapi menjadi budaya baru pendidikan vokasi yang adaptif, relevan, dan transformatif.

### **E. Proyek Pembuatan Aplikasi atau Website Sederhana oleh Siswa**

Mengembangkan aplikasi atau website sederhana bukan lagi domain eksklusif siswa jurusan Teknologi Informasi. Di era pembelajaran berbasis proyek dan kewirausahaan digital, kemampuan membangun produk digital sederhana telah menjadi kompetensi abad 21 yang dapat diterapkan secara luas oleh siswa SMK lintas jurusan. Pembelajaran yang memberikan kesempatan bagi siswa untuk menciptakan aplikasi berbasis kebutuhan lokal atau website yang mendukung proyek kejuruan mereka membuka ruang bagi kreativitas, kolaborasi, dan keterampilan masa depan.

Proyek pembuatan aplikasi atau website sederhana dapat menjadi wahana pembelajaran terpadu yang mengembangkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan komunikasi, dan literasi digital siswa. Menurut Mishra & Koehler (2006), kemampuan mengintegrasikan konten, pedagogi, dan teknologi (TPACK) memungkinkan guru membimbing siswa menciptakan solusi digital yang relevan dan kontekstual. Dengan bimbingan guru, siswa dapat merancang aplikasi inventaris barang di bengkel otomotif, website portofolio karya desain komunikasi visual, atau aplikasi kalkulasi pupuk untuk jurusan agribisnis.

Penelitian oleh Shute & Rahimi (2017) menunjukkan bahwa keterlibatan dalam proyek teknologi yang autentik mendorong siswa memiliki growth mindset dan motivasi intrinsik. Dalam konteks SMK, proyek seperti ini menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, serta meningkatkan relevansi pembelajaran terhadap kebutuhan dunia kerja dan masyarakat. Proyek berbasis digital juga mendukung pendekatan personalized learning, di mana siswa memilih jenis proyek yang sesuai dengan minat dan keahlian mereka.

Penggunaan platform no-code seperti GlideApps, Thunkable, dan MIT App Inventor memungkinkan siswa yang belum pernah mempelajari pemrograman secara mendalam tetap dapat membuat aplikasi fungsional. Sementara itu, platform seperti Wix, Google Sites, dan Webflow menjadi pilihan populer untuk membuat website sederhana namun menarik. Proses desain dapat dimulai dari perencanaan kebutuhan, wireframing, pengembangan, hingga uji coba dan publikasi.

Lebih dari sekadar keterampilan teknis, proyek ini mengembangkan karakter kewirausahaan siswa. Dalam banyak kasus, siswa yang membuat aplikasi sederhana untuk mendukung kegiatan sekolah atau UKM keluarga mereka mendapatkan pengalaman nyata menjadi problem solver. Hasil ini selaras dengan visi pendidikan vokasi dalam Permendikbud No. 5 Tahun 2022, yaitu mendorong siswa menjadi kreator dan inovator dalam menghadapi tantangan masa depan.

Guru memiliki peran krusial sebagai fasilitator dan pembimbing dalam proyek digital ini. Mereka dapat membantu siswa mengidentifikasi kebutuhan nyata yang bisa dijawab dengan aplikasi atau website, mengarahkan pada proses desain berbasis user experience, dan memandu proses evaluasi produk. Tidak diperlukan latar belakang IT untuk dapat menjadi pendamping efektif; cukup dengan semangat belajar bersama dan akses ke sumber daya digital yang tepat.

Proyek ini juga dapat diintegrasikan ke dalam kegiatan P5 (Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila) atau menjadi bagian dari kurikulum kejuruan seperti produk kreatif dan kewirausahaan. Misalnya, siswa dapat membuat aplikasi pengelolaan limbah bengkel atau website penyuluhan gizi untuk jurusan tata boga. Integrasi semacam ini menghubungkan pengembangan keterampilan digital dengan penguatan karakter dan literasi kontekstual.

Dalam penelitian UNESCO (2022), integrasi proyek berbasis digital di sekolah menengah terbukti meningkatkan literasi teknologi, komunikasi kolaboratif, serta daya cipta siswa. Laporan tersebut merekomendasikan bahwa semua bidang keahlian di SMK perlu memiliki pengalaman proyek digital sebagai bagian dari kurikulum adaptif terhadap revolusi industri 4.0 dan society 5.0.

Aspek penting lainnya adalah penilaian proyek berbasis aplikasi atau website harus mencakup proses dan produk. Rubrik penilaian dapat mencakup aspek kreativitas ide, relevansi solusi, desain antarmuka, kemudahan penggunaan, serta refleksi pembelajaran. Proses ini menanamkan pemahaman bahwa keberhasilan proyek bukan hanya pada hasil akhir, tetapi pada proses berpikir, belajar, dan bekerja sama.

Studi kasus dari SMK Negeri di Yogyakarta menunjukkan bahwa siswa jurusan perhotelan dapat membuat website reservasi simulatif untuk praktik layanan tamu. Di Bandung, siswa jurusan animasi merancang aplikasi pemesanan studio animasi sebagai bagian dari tugas akhir. Proyek-proyek ini menunjukkan bahwa dengan pendekatan yang tepat, pembuatan aplikasi dan website bukan hanya mungkin, tetapi dapat menjadi alat transformasi pedagogik.

Dalam praktiknya, proyek ini juga membuka potensi kolaborasi lintas jurusan dan kelas. Siswa desain grafis dapat membantu tampilan visual, siswa bisnis daring merancang strategi promosi digital, sementara siswa TKJ fokus pada aspek teknis. Kolaborasi semacam ini tidak hanya memperkaya hasil proyek, tetapi juga menumbuhkan keterampilan kerja tim dan apresiasi terhadap kontribusi lintas keahlian.

Sebagai bagian dari perencanaan jangka panjang sekolah, program “1 siswa 1 proyek digital” dapat dicanangkan sebagai visi penguatan literasi teknologi. Program ini mendorong guru dan siswa untuk merancang proyek digital yang terintegrasi dalam pembelajaran maupun kegiatan ekstrakurikuler. Sekolah juga dapat menjadikan proyek-proyek ini sebagai portofolio digital siswa.

Keberlanjutan dari proyek ini juga bisa diwujudkan melalui pameran digital, platform showcase karya siswa, atau kolaborasi dengan mitra industri lokal. Dengan dukungan kepala sekolah dan koordinasi antar bidang, proyek pembuatan aplikasi atau website sederhana dapat menjadi ikon inovasi sekolah dan branding pendidikan vokasi yang modern.

Tantangan terbesar mungkin bukan pada teknologinya, tetapi pada perubahan mindset guru dan kesiapan ekosistem pembelajaran. Namun, pengalaman dari berbagai sekolah menunjukkan bahwa guru yang terbuka, mau belajar, dan kolaboratif akan

mampu mendampingi siswanya menghadirkan inovasi-inovasi digital yang membanggakan.

Penting juga menciptakan budaya apresiasi terhadap hasil karya siswa, baik dalam bentuk presentasi proyek, penghargaan inovasi, maupun publikasi di media sosial sekolah. Hal ini meningkatkan motivasi intrinsik siswa untuk berkarya, dan sekaligus memunculkan inspirasi bagi siswa lainnya.

Dalam konteks global, UNESCO (2023) menekankan pentingnya “coding as a new literacy” yang perlu diajarkan tidak hanya untuk mencetak programmer, tetapi untuk melatih cara berpikir logis, kreatif, dan solutif. Proyek pembuatan aplikasi dan website sederhana menjawab tantangan ini dengan cara yang konkret dan kontekstual.

Dengan semangat adaptif, guru SMK dari berbagai bidang dapat menjadi pemantik gerakan transformasi digital yang dimulai dari kelas masing-masing. Proyek sederhana ini mungkin terlihat kecil, namun dampaknya besar: membentuk siswa yang siap hidup dan bekerja di era digital dengan semangat kolaborasi, kreativitas, dan keberdayaan.

## **F. Peran Guru sebagai Fasilitator, Bukan Programmer**

Dalam konteks pembelajaran digital, terutama dalam penerapan literasi koding di kelas non-TIK, posisi guru tidak lagi harus menjadi seorang ahli bahasa pemrograman. Sebaliknya, guru diposisikan sebagai fasilitator pembelajaran, yang menciptakan ruang eksplorasi, membimbing proses berpikir, dan mengarahkan siswa untuk menemukan solusi melalui teknologi. Peran ini menjadi semakin relevan di era digital, di mana akses informasi dan perangkat pembelajaran tersedia luas dan menuntut keterampilan belajar mandiri (self-directed learning). Guru menjadi penata lanskap belajar, bukan pemegang seluruh jawaban.

Menurut Mishra & Koehler (2006), peran guru dalam pembelajaran berbasis teknologi menekankan pentingnya pemahaman konteks, kebutuhan siswa, dan kemampuan mengelola dinamika kelas. Dalam konteks TPACK, guru tidak dituntut menguasai seluruh detail teknis teknologi, namun mampu merancang dan mengarahkan

penggunaannya secara tepat dalam proses belajar mengajar. Ketika guru memfasilitasi proyek koding, misalnya, yang paling penting bukan apakah ia mampu membuat aplikasi kompleks, tetapi bagaimana ia mendorong siswa untuk berpikir komputasional, kolaboratif, dan kreatif.

Beberapa studi menunjukkan bahwa ketika guru merasa tidak harus menjadi “programmer”, tingkat adopsi teknologi dalam pembelajaran meningkat signifikan. Penelitian oleh Voogt et al. (2015) menegaskan bahwa persepsi guru terhadap peran mereka sangat memengaruhi efektivitas integrasi teknologi. Dalam kerangka pedagogis yang memosisikan guru sebagai fasilitator, pembelajaran koding bisa menjadi jembatan untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, tanpa memberatkan guru dengan beban teknis berlebihan.

Di banyak SMK, guru jurusan seperti DKV, Agribisnis, maupun Tata Boga telah mulai bereksperimen menyisipkan aspek koding dalam proyek siswa. Namun yang menarik, mereka melakukannya bukan sebagai instruktur teknis, melainkan sebagai pengarah, pengamat, dan pendukung proses. Dalam pendekatan ini, siswa diberikan otonomi untuk mengeksplorasi perangkat dan platform, sementara guru berperan memberikan umpan balik konseptual dan etis, seperti bagaimana membuat antarmuka ramah pengguna atau bagaimana menyelaraskan fitur aplikasi dengan kebutuhan pengguna.

Guru sebagai fasilitator juga bermakna menjadi penghubung antara kebutuhan dunia nyata dan kemampuan siswa. Dalam banyak kasus, siswa SMK membuat proyek digital seperti katalog produk digital, sistem pemesanan, atau aplikasi perawatan tanaman berbasis IoT. Peran guru adalah memastikan proyek tersebut relevan, logis, dan bermanfaat bagi komunitas, bukan menjadi validator sintaks pemrograman.

Konteks pendidikan vokasi menuntut adanya pemahaman bahwa teknologi adalah alat, bukan tujuan. Oleh karena itu, guru tidak dituntut menjadi ahli teknis, melainkan ahli dalam mendesain proses belajar yang bermakna. Konsep heutagogi atau pembelajaran mandiri (Blaschke, 2012) menekankan pentingnya shifting peran guru dari pengajar ke fasilitator dalam mendukung otonomi belajar siswa, termasuk dalam konteks teknologi.

Kekhawatiran sebagian guru non-TIK bahwa mereka “tidak mampu mengajar koding” sering kali berakar pada miskonsepsi bahwa mereka harus menguasai aspek teknis sedalam programmer profesional. Dengan pendekatan berbasis fasilitasi, guru dibebaskan dari tuntutan teknis tinggi, dan justru lebih fokus pada pembentukan pola pikir dan etika kerja siswa dalam menyelesaikan masalah berbasis teknologi.

Literasi digital tidak lagi hanya milik guru TIK. Ketika seorang guru Tata Busana membimbing siswa membuat katalog digital interaktif atau guru otomotif mengarahkan siswa menyambungkan sensor kendaraan ke aplikasi, peran fasilitator benar-benar hadir. Ini adalah bentuk kolaborasi antarpengalaman dan antarperan yang esensial di era lintas-disiplin.

Guru juga memiliki peran penting dalam menjembatani antara bahasa teknis koding dan konteks keseharian siswa. Mereka tidak harus memahami semua perintah dalam JavaScript atau Python, tetapi cukup untuk membimbing siswa memahami konsep logika, alur, dan tujuan dari instruksi yang dibuat. Peran guru di sini mirip dengan seorang editor naskah: bukan penulis utama, tetapi penjaga kualitas narasi.

Dengan adanya sumber belajar terbuka seperti video pembelajaran, kursus daring, atau forum komunitas pengembang, guru dapat mengarahkan siswa ke sumber yang tepat dan berfungsi sebagai kurator konten. Di sinilah peran fasilitator semakin menonjol: mengarahkan, bukan menghafal; menginspirasi, bukan menggantikan mesin pencari. Dalam konteks Kurikulum Merdeka, otonomi belajar menjadi pilar utama. Guru yang berperan sebagai fasilitator memungkinkan fleksibilitas pendekatan pembelajaran. Proyek-proyek lintas mata pelajaran yang menyisipkan koding bisa dilakukan dengan pendekatan berbasis tim guru lintas mapel, di mana peran guru lebih ke pengarah dan pembimbing.

Keberadaan platform edukatif seperti Scratch, Tynker, Code.org, maupun MIT App Inventor mendukung model pengajaran koding berbasis fasilitasi. Guru dapat menggunakan template proyek, mendampingi siswa secara bertahap, dan memantik diskusi reflektif. Hasilnya bukan hanya produk digital, tetapi juga pemahaman proses berpikir dan kerja kolaboratif. Guru sebagai fasilitator juga berperan dalam menanamkan nilai-nilai etika digital. Dalam pembelajaran koding, siswa harus memahami pentingnya

keamanan data, privasi pengguna, dan penggunaan teknologi untuk tujuan positif. Ini adalah wilayah yang sangat membutuhkan bimbingan guru sebagai penjaga nilai, bukan sekadar teknisi.

Model pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL) memberikan ruang ideal bagi guru untuk memfasilitasi pembelajaran teknologi. Dalam model ini, guru berperan sebagai manajer proyek pembelajaran, bukan eksekutor teknis. Fokusnya adalah pencapaian kompetensi, kerja tim, dan refleksi proses. Sebagai fasilitator, guru juga dituntut untuk terus belajar dan terbuka pada pengalaman baru. Literasi koding tidak menuntut kesempurnaan, melainkan keberanian untuk mencoba dan mendampingi. Guru yang mau belajar bersama siswa, berbagi proses eksplorasi, justru menjadi role model pembelajar sejati.

Dalam jangka panjang, pendekatan ini juga mendorong pengembangan budaya sekolah berbasis inovasi. Guru yang berperan sebagai fasilitator akan mendorong kemandirian belajar, memperkuat kolaborasi antarguru lintas jurusan, dan mempercepat integrasi teknologi dalam praktik sehari-hari tanpa ketergantungan pada satu sumber kompetensi. Dengan posisi guru sebagai fasilitator, pelajaran koding di kelas non-TIK dapat tumbuh menjadi pengalaman belajar yang membebaskan dan bermakna. Ini sejalan dengan filosofi pendidikan Ki Hadjar Dewantara: guru bukan sekadar pemegang otoritas, tetapi pamong penuntun jiwa dan pikiran siswa dalam menemukan jati dirinya melalui teknologi masa depan.

## G. Tools Gratis untuk Mendukung Koding Guru dan Siswa

Di era pembelajaran digital, akses terhadap tools koding yang gratis dan mudah digunakan menjadi krusial untuk menghilangkan hambatan adopsi teknologi, khususnya di sekolah menengah kejuruan (SMK) yang tidak memiliki jurusan teknologi informasi. Banyak guru yang ingin mengembangkan kemampuan koding bersama siswa, tetapi terbentur keterbatasan perangkat lunak berbayar atau infrastruktur teknis yang kompleks. Oleh karena itu, berbagai platform open-source dan aplikasi daring kini menjadi solusi yang relevan, praktis, dan inklusif untuk memberdayakan guru sebagai fasilitator teknologi.

Salah satu tools koding gratis yang sangat ramah untuk pemula adalah Scratch. Dikembangkan oleh MIT Media Lab, Scratch dirancang untuk pendidikan dasar dan menengah guna mengenalkan konsep logika pemrograman dan computational thinking melalui pendekatan visual. Guru dari berbagai jurusan dapat mengintegrasikan Scratch dalam pembelajaran interdisipliner, seperti proyek pembuatan animasi untuk menjelaskan prosedur teknik otomotif atau simulasi interaktif di bidang kewirausahaan.

Blockly, proyek open-source dari Google, juga menawarkan antarmuka visual berbasis blok yang intuitif. Keunggulannya terletak pada fleksibilitas penggunaan, baik secara daring maupun luring, serta kemampuannya mengenerate kode JavaScript, Python, atau PHP dari blok-blok visual. Tools ini sangat cocok untuk pembelajaran hybrid dan berbasis proyek, di mana siswa dapat membuat game edukasi, kalkulator digital, atau dashboard data sederhana tanpa perlu menguasai sintaksis rumit. Code.org adalah platform pembelajaran koding gratis yang telah diakui secara internasional dan digunakan di lebih dari 180 negara. Fitur seperti kursus 'Hour of Code', tutorial gamifikasi, serta jalur belajar berbasis kurikulum menjadikan Code.org sangat adaptif bagi guru yang baru pertama kali mengajarkan koding. Guru SMK dapat mengakses panduan lengkap, modul ajar, dan video interaktif untuk mengajar siswa di berbagai tingkat kemampuan.

Thunkable dan MIT App Inventor menawarkan pengalaman belajar pembuatan aplikasi mobile berbasis Android dan iOS tanpa harus menulis baris kode secara manual. Kedua platform ini mengandalkan sistem blok visual serupa Scratch, namun dengan kompleksitas lebih tinggi dan kapabilitas produksi aplikasi nyata. Siswa SMK, bahkan dari jurusan non-TIK seperti pariwisata atau pertanian, dapat mengembangkan aplikasi sederhana sesuai kebutuhan lokal atau konteks industri.

Arduino IDE juga menjadi tools yang sangat berguna untuk pembelajaran berbasis perangkat keras. Guru dapat mengaksesnya secara gratis dan menggunakannya bersama mikrokontroler Arduino untuk proyek otomasi sederhana seperti pengendalian suhu, irigasi otomatis, atau sistem keamanan digital. Platform ini mendukung integrasi antara pengetahuan praktis dan kemampuan digital siswa, mendorong eksplorasi lintas jurusan secara kreatif.

Platform repl.it (sekarang replit.com) memungkinkan siswa dan guru menulis, menjalankan, dan berbagi kode dalam berbagai bahasa pemrograman langsung dari browser. Ini sangat membantu ketika sekolah tidak memiliki laboratorium komputer dengan spesifikasi tinggi. Selain itu, Replit mendukung kolaborasi daring secara real-time, memungkinkan pembelajaran berbasis tim dan pengembangan proyek kelompok.

Untuk dokumentasi dan presentasi hasil proyek koding, guru dapat memanfaatkan Notion, GitHub Pages, atau Glitch. Tools ini membantu siswa menampilkan hasil belajar mereka secara digital dalam bentuk website, portofolio interaktif, atau repositori publik yang dapat ditinjau oleh rekan sebaya dan komunitas luas. Pengalaman ini sangat relevan dalam membangun kompetensi abad ke-21 seperti literasi digital, komunikasi, dan pemecahan masalah kompleks.

Beberapa tools pendukung lainnya seperti Visual Studio Code, Jupyter Notebook, dan P5.js juga dapat digunakan dalam konteks yang lebih lanjut bagi guru dan siswa yang telah mencapai level menengah. Meskipun lebih teknis, komunitas daring dan dokumentasi yang melimpah menjadikan tools ini dapat diakses secara bertahap dalam proses pembelajaran berkelanjutan.

Menariknya, hampir semua tools di atas memiliki komunitas pengguna yang aktif dan inklusif. Guru-guru dapat mengikuti forum diskusi, grup media sosial, atau pelatihan daring untuk terus mengembangkan kompetensi digital mereka. Platform seperti edX, Coursera, dan FutureLearn juga sering menawarkan kursus pengantar koding atau pedagogi teknologi yang dapat diikuti secara gratis oleh guru SMK di Indonesia.

Kombinasi antara ketersediaan tools gratis, komunitas belajar yang suportif, dan dukungan kurikulum merdeka menjadikan peluang penguatan literasi koding semakin terbuka luas. Tidak lagi menjadi milik eksklusif guru TIK, melainkan menjadi gerakan kolaboratif seluruh pendidik untuk menciptakan lingkungan belajar yang kreatif, digital, dan relevan dengan dunia masa depan.

Dengan akses pada tools gratis dan strategi implementasi yang terencana, guru SMK dari berbagai jurusan dapat mengambil peran signifikan dalam transformasi

pendidikan digital. Ini bukan sekadar soal mengajarkan bahasa pemrograman, melainkan memfasilitasi lahirnya generasi problem solver yang percaya diri menghadapi tantangan era 5.0.

## **BAGIAN IV**

### **IMPLEMENTASI, PELATIHAN DAN PENGEMBANGAN PROFESIONAL**

## BAB 9.

### STRATEGI PELATIHAN GURU SMK INOVATIF

Dalam dunia pendidikan kejuruan yang terus berubah dan berkembang, guru SMK dihadapkan pada tantangan besar sekaligus peluang emas: menjadi pelatih keterampilan masa depan sekaligus inovator pembelajaran. Namun, tidak semua guru tiba di garis start dengan kesiapan teknologi, pemahaman pedagogi terbaru, atau literasi koding yang relevan dengan zaman. Oleh karena itu, diperlukan strategi pelatihan yang tidak sekadar menambah beban, tetapi memperkuat kapasitas. Bab ini menghadirkan pendekatan baru dalam merancang pelatihan guru yang tidak linier dan seragam, melainkan fleksibel, adaptif, dan kontekstual sesuai kebutuhan lokal.

Pelatihan guru SMK tidak boleh lagi sekadar seminar satu arah. Ia harus menjadi pengalaman belajar nyata, berbasis praktik, bersifat reflektif, dan berkelanjutan. Baik melalui *microlearning*, *coaching personal*, kolaborasi MGMP, hingga integrasi teknologi berbasis proyek, semua dirancang untuk menumbuhkan keberdayaan dan kepercayaan diri guru. Dunia telah berubah, dan guru perlu didukung bukan hanya dengan konten, tapi dengan sistem dan komunitas yang mendampingi.

Bab ini menyuguhkan enam subbab penting yang menggambarkan praktik ideal dan solusi pelatihan guru SMK di era digital. Dari desain pelatihan berbasis STEAM, pelatihan TPACK yang fleksibel, model *workshop koding* untuk guru non-IT, hingga kolaborasi lintas komunitas, semua dikupas dengan strategi aplikatif. Termasuk juga pembahasan tentang portofolio dan rekognisi, serta studi kasus pelatihan guru di Indonesia dan luar negeri sebagai inspirasi konkret. Inilah upaya serius menjadikan pelatihan sebagai jalan transformasi, bukan sekadar ritual pengembangan.

Pelatihan tidak harus mewah, tapi harus bermakna. Tidak perlu semuanya sempurna, tetapi harus berorientasi pada perubahan nyata di ruang kelas. Mari kita gali bagaimana strategi pelatihan guru SMK dapat menjawab tantangan abad 21 dan

mengantarkan pendidik menuju pembelajaran yang relevan, membebaskan, dan berdampak.

#### A. Merancang Program Pelatihan Guru Berbasis STEAM

Dalam menghadapi kompleksitas pendidikan abad ke-21, pelatihan guru SMK berbasis STEAM menjadi elemen krusial dalam membangun daya saing dan kreativitas pedagogik. STEAM sebagai pendekatan pembelajaran lintas disiplin yang mengintegrasikan Sains, Teknologi, Engineering, Arts, dan Matematika memiliki potensi besar dalam menstimulasi nalar kritis dan solusi kreatif di kelas vokasi. Namun demikian, penguatan kompetensi guru dalam mengimplementasikan STEAM menuntut perancangan program pelatihan yang bukan hanya bersifat transfer ilmu, tetapi juga transformasi paradigma pengajaran secara holistik (Yakman & Lee, 2012).

Perancangan program pelatihan guru STEAM harus dimulai dari pemetaan kebutuhan (*needs assessment*) yang kontekstual terhadap tantangan kurikulum, karakter siswa, dan kesiapan infrastruktur sekolah. Analisis kebutuhan ini dapat dilakukan melalui kuesioner, FGD, atau asesmen reflektif berbasis praktik mengajar yang aktual. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam menentukan desain pelatihan yang tepat sasaran, bukan sekadar mengikuti tren global tanpa relevansi lokal.

Langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan pelatihan yang bersifat SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound*), yang mengacu pada penguasaan konten STEAM, kemampuan desain pembelajaran proyek, dan keterampilan fasilitasi pembelajaran kolaboratif. Tujuan pelatihan ini perlu didukung indikator keberhasilan yang terukur melalui portofolio, demonstrasi mengajar, dan asesmen berbasis proyek.

Model pelatihan yang efektif dalam konteks guru SMK adalah *blended model* yang menggabungkan pelatihan daring dan luring, serta menerapkan prinsip *active learning*. Pelatihan luring difokuskan pada *workshop eksploratif* dan praktik *hands-on*, sedangkan sesi daring digunakan untuk eksplorasi konten, diskusi reflektif, dan *coaching individual* melalui platform pembelajaran seperti Moodle, Google Classroom, atau LMS lokal.

Pendekatan *inquiry-based training* dan *problem-based learning* sangat relevan diterapkan dalam pelatihan guru berbasis STEAM. Guru dilatih bukan hanya memahami teori STEAM, melainkan juga menyusun proyek autentik berbasis tantangan riil di lingkungan sekitar. Dengan demikian, guru mengalami proses *learning by doing* yang menjadikan pembelajaran sebagai ruang eksperimentasi pedagogis.

Fasilitator dalam program pelatihan STEAM sebaiknya berasal dari kalangan praktisi yang telah mengimplementasikan STEAM di sekolah serta akademisi yang memahami konstruksi keilmuan lintas disiplin. Kolaborasi antara universitas, dunia industri, dan komunitas guru menjadi kekuatan penting dalam menjamin kualitas dan keberlanjutan program pelatihan.

Desain modul pelatihan harus fleksibel, kontekstual, dan berbasis kebutuhan. Setiap modul terdiri atas tujuan pembelajaran, konten teori yang ringkas, aktivitas eksploratif, latihan aplikasi proyek, dan refleksi praktik. Modul yang baik tidak bersifat textbook, melainkan berbasis skenario dan studi kasus yang memungkinkan guru mengembangkan solusi pembelajaran otentik.

Evaluasi pelatihan perlu dilakukan secara berlapis, yaitu evaluasi proses (proses pelatihan berjalan sesuai desain), evaluasi hasil (adanya perubahan keterampilan guru), dan evaluasi dampak (guru mampu menerapkan STEAM dalam kelas). Evaluasi ini dapat dilakukan melalui observasi kelas, portofolio proyek, dan asesmen formatif oleh rekan sejawat.

Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah pelatihan berbasis microcredential, di mana guru mendapatkan badge digital setelah menyelesaikan pelatihan pendek terstandar pada tema STEAM tertentu. Strategi ini mendorong guru belajar secara mandiri, terstruktur, dan memiliki rekognisi formal dari lembaga pelatihan.

Penguatan keberlanjutan program pelatihan dapat diwujudkan melalui komunitas belajar guru (*learning community*), seperti Komunitas Praktisi STEAM di tingkat MGMP atau KKG SMK. Komunitas ini menjadi ruang berbagi praktik baik, refleksi pembelajaran, dan eksplorasi sumber belajar bersama.

Dalam konteks Indonesia, praktik baik pelatihan guru STEAM telah dilaksanakan oleh berbagai inisiatif seperti Program Guru Belajar dan Berbagi Kemdikbudristek, pelatihan rumah belajar oleh Pustekkom, serta inisiatif pelatihan yang diadakan oleh lembaga swadaya masyarakat dan universitas mitra.

Beberapa studi menyebutkan bahwa guru yang mengikuti pelatihan STEAM berbasis proyek menunjukkan peningkatan signifikan dalam kompetensi pedagogik, penggunaan TIK, dan kualitas interaksi dengan siswa (Rahmadi & Utami, 2023; Kurniawan et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa investasi dalam pelatihan guru memiliki dampak langsung terhadap mutu pembelajaran.

Peran kepala sekolah juga tidak kalah penting. Kepala sekolah harus memberikan dukungan kelembagaan berupa alokasi waktu pelatihan, insentif non-finansial, serta ruang eksperimen inovatif bagi guru yang ingin mencoba pembelajaran STEAM di kelas.

Akhirnya, pelatihan guru SMK berbasis STEAM harus tidak hanya berhenti pada peningkatan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga mengubah cara pandang guru terhadap profesinya. Guru tidak lagi sekadar penyampai kurikulum, tetapi menjadi *designer of learning experience* yang transformatif, adaptif, dan kontekstual.

Dengan menyusun program pelatihan yang matang, berkelanjutan, dan berbasis refleksi, SMK dapat menjadi episentrum perubahan pendidikan vokasi yang responsif terhadap tantangan masa depan. Inilah misi utama pelatihan guru berbasis STEAM: membangun ekosistem pembelajaran yang tidak hanya mencerdaskan, tetapi juga memberdayakan.

## **B. Pelatihan TPACK Berbasis Microlearning dan Coaching**

Dalam lanskap pendidikan kejuruan yang terus berubah, strategi pelatihan guru harus beradaptasi dengan pendekatan yang lebih fleksibel, personal, dan kontekstual. Salah satu metode yang muncul sebagai respons terhadap kebutuhan ini adalah pelatihan berbasis TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) melalui pendekatan microlearning dan coaching. TPACK telah diakui sebagai kerangka kerja

penting dalam mengintegrasikan teknologi secara efektif ke dalam praktik pedagogik dan konten pembelajaran, terlebih lagi di lingkungan SMK yang dituntut adaptif dan inovatif.

Microlearning menawarkan pendekatan pelatihan yang bersifat modular, ringkas, dan fokus pada satu tujuan pembelajaran tertentu. Menurut Hug (2005), microlearning memungkinkan guru mempelajari satu keterampilan spesifik dalam waktu singkat, sering kali melalui media digital seperti video pendek, infografik, atau simulasi interaktif. Di sisi lain, coaching sebagai strategi pelatihan berfokus pada interaksi interpersonal, dialog reflektif, dan pendampingan berkelanjutan. Ketika digabungkan, keduanya membentuk sistem pelatihan yang tidak hanya mentransfer pengetahuan, tetapi juga membangun kesadaran dan keterampilan aplikatif guru di lapangan.

Dalam konteks SMK, pelatihan TPACK berbasis microlearning dan coaching sangat ideal untuk menjembatani kesenjangan antara pengetahuan konseptual dan praktik kelas. Sebagai contoh, guru Teknik Otomotif dapat diberikan microlearning singkat tentang penggunaan simulasi kendaraan listrik, yang kemudian didiskusikan dan dipraktikkan lebih lanjut bersama coach atau mentor dalam sesi pendampingan. Hal ini sejalan dengan model pembelajaran berbasis praktik dan refleksi dari Kolb (1984), yang menekankan pengalaman konkret sebagai fondasi pembelajaran yang bermakna.

Literatur terbaru juga menunjukkan efektivitas pendekatan ini. Sebuah studi oleh Voogt et al. (2020) mencatat bahwa guru yang terlibat dalam pelatihan TPACK dengan metode coaching dan microlearning menunjukkan peningkatan signifikan dalam integrasi teknologi ke dalam pembelajaran, dibandingkan dengan pelatihan tradisional. Strategi ini juga memperkuat keberlanjutan pengembangan profesional, karena guru merasa didukung secara individual dalam proses perubahan.

Model pelatihan ini juga mendukung prinsip personalized professional development, di mana kebutuhan dan konteks guru diperhitungkan secara aktif. Dalam praktiknya, pelatihan dapat dirancang berdasarkan kebutuhan individu guru, menggunakan instrumen asesmen awal seperti TPACK self-assessment (Mishra & Koehler, 2006), untuk menentukan fokus materi microlearning dan skenario coaching yang relevan. Fleksibilitas ini sangat penting di SMK yang memiliki program keahlian yang beragam dan kebutuhan teknologi yang spesifik.

Selanjutnya, penggunaan platform digital seperti Google Classroom, Edmodo, atau Moodle memungkinkan distribusi konten microlearning secara luas dan efisien. Sementara itu, proses coaching dapat dilakukan secara sinkron melalui video call atau tatap muka, tergantung ketersediaan dan preferensi guru. Hal ini menegaskan pentingnya blended model dalam pelatihan guru masa kini.

Efektivitas pelatihan ini semakin maksimal jika difasilitasi oleh mentor yang telah memahami pendekatan TPACK dan memiliki pengalaman dalam implementasi teknologi dalam konteks SMK. Oleh karena itu, program pelatihan perlu diawali dengan pelatihan bagi para coach itu sendiri, agar mereka mampu menjadi pendamping reflektif dan kolaboratif yang andal. Pelatihan coach harus mencakup prinsip-prinsip TPACK, komunikasi dialogis, dan strategi pemecahan masalah dalam bimbingan profesional.

Dari sisi kebijakan sekolah, dukungan institusional menjadi kunci keberhasilan pelatihan ini. Kepala sekolah perlu menciptakan iklim yang kondusif bagi pengembangan profesional guru, termasuk menyediakan waktu, sumber daya, dan pengakuan atas partisipasi guru dalam pelatihan. Selain itu, pelatihan harus terhubung dengan rencana strategis sekolah seperti peningkatan mutu pembelajaran berbasis digital.

Dalam implementasinya, satu siklus pelatihan dapat terdiri dari empat tahap:

1. Identifikasi kebutuhan (melalui survei atau wawancara),
2. Penyusunan materi microlearning berbasis TPACK,
3. Sesi coaching dengan refleksi praktik kelas, dan
4. Evaluasi dan tindak lanjut. Siklus ini dapat diulang dan dimodifikasi sesuai dinamika kebutuhan guru dan capaian pembelajaran siswa.

Manfaat jangka panjang dari pendekatan ini tidak hanya terletak pada penguasaan teknologi oleh guru, tetapi juga pada perubahan paradigma pembelajaran menjadi lebih kolaboratif, reflektif, dan berbasis data. Guru yang terbiasa dengan microlearning dan coaching cenderung lebih siap menghadapi tantangan baru, serta lebih terbuka pada inovasi dalam proses mengajar.

Lebih jauh, pendekatan ini juga dapat diintegrasikan ke dalam program MGMP atau komunitas belajar guru, sehingga tercipta ekosistem pembelajaran profesional yang

berkelanjutan. Di sinilah letak kekuatan model ini—ia tidak hanya mengandalkan pelatihan terpusat, tetapi juga memungkinkan guru untuk terus belajar dalam jejaring sosial yang mendukung pertumbuhan profesional.

Akhirnya, pelatihan berbasis TPACK melalui *microlearning* dan *coaching* harus diposisikan sebagai bagian dari transformasi budaya sekolah, bukan sekadar program insidental. Guru SMK yang diberdayakan dengan strategi ini akan lebih mampu menciptakan pengalaman belajar bermakna dan relevan, membekali siswa dengan kecakapan abad 21 dan kesiapan menghadapi dunia kerja dan kehidupan yang dinamis.

### C. Model Workshop Koding Dasar bagi Guru Non-IT

Peningkatan literasi digital guru menjadi aspek strategis dalam mendorong transformasi pembelajaran abad ke-21. Dalam konteks tersebut, model workshop koding dasar bagi guru non-IT menjadi pendekatan yang tidak hanya praktis tetapi juga strategis dalam mengembangkan keterampilan digital. Guru-guru dari latar belakang non-teknologi memerlukan pendekatan pembelajaran yang inklusif, bertahap, dan kontekstual sehingga pelatihan koding menjadi pengalaman belajar yang menyenangkan dan bermakna.

Landasan teoretik dari pendekatan ini merujuk pada konstruktivisme sosial Vygotsky, yang menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi dalam konteks sosial dan kolaboratif. Workshop koding seharusnya tidak hanya berfokus pada pemahaman teknis, tetapi juga mengedepankan konteks pedagogi yang mendukung kolaborasi dan refleksi antarpeserta. Hal ini mendukung terciptanya komunitas belajar yang saling memperkuat.

Penting untuk memulai workshop dengan pengenalan filosofi koding. Guru perlu memahami bahwa koding bukan sekadar menulis baris perintah dalam bahasa pemrograman, tetapi juga tentang berpikir sistematis, memecahkan masalah, dan menciptakan solusi inovatif. Dalam konteks pendidikan, hal ini selaras dengan pengembangan *computational thinking* (Wing, 2006).

Desain workshop ideal terdiri dari tiga fase utama: eksplorasi, praktik, dan refleksi. Fase eksplorasi memungkinkan peserta mengenal logika koding dan contoh aplikatif di bidang masing-masing. Fase praktik mendorong peserta mencoba langsung dengan bimbingan, sedangkan fase refleksi digunakan untuk mendiskusikan pengalaman belajar dan tantangan yang dihadapi. Bahasa pemrograman yang digunakan sebaiknya bersifat visual dan intuitif, seperti Scratch atau Blockly. Bahasa ini memudahkan guru pemula memahami logika pemrograman tanpa harus mempelajari sintaks yang rumit. Scratch, misalnya, dirancang oleh MIT untuk pendidikan dan memiliki komunitas global yang aktif dalam berbagi proyek dan sumber belajar.

Dalam konteks SMK, penguatan relevansi dilakukan dengan mengaitkan proyek koding dengan program keahlian masing-masing. Guru otomotif, misalnya, dapat membuat simulasi pengendali sensor suhu mesin menggunakan Arduino visual. Guru DKV bisa merancang aplikasi interaktif untuk mengenalkan desain digital kepada siswa. Evaluasi dalam workshop ini sebaiknya bersifat formatif dan berbasis portofolio. Peserta tidak dinilai dari seberapa kompleks kode yang dibuat, tetapi dari proses belajar, kolaborasi, dan refleksi yang ditunjukkan. Ini memperkuat semangat belajar tanpa tekanan, serta menumbuhkan rasa percaya diri untuk mencoba lebih lanjut. Durasi workshop ideal berkisar antara 12–16 jam, yang dapat dibagi menjadi 2–3 hari. Pendekatan *blended learning* dapat digunakan, di mana sesi daring memperkenalkan konsep dasar, dan sesi luring digunakan untuk praktik dan *coaching*. Pendekatan ini terbukti efektif dalam pelatihan guru, menurut riset oleh Desimone (2011).

Fasilitator sebaiknya berasal dari praktisi teknologi pendidikan dan guru yang telah berhasil mengimplementasikan koding dalam pembelajaran. Kolaborasi antarpendidik ini menunjukkan bahwa perubahan dapat dimulai dari internal komunitas pendidikan, bukan hanya dari luar. Salah satu aspek penting dalam workshop adalah menciptakan atmosfer suportif dan bebas dari rasa takut gagal. Banyak guru non-IT memiliki kecemasan teknologi (*technophobia*), yang dapat diatasi melalui pendekatan humanistik, empatik, dan bertahap.

Workshop juga dapat menggunakan prinsip *learning by doing* dan *project based learning*, di mana peserta langsung menciptakan produk sederhana yang dapat

digunakan dalam pembelajaran. Misalnya, membuat kuis interaktif menggunakan platform seperti Scratch atau Quizizz Script. Workshop harus menghasilkan output nyata yang bisa dibawa pulang oleh peserta, seperti RPP berbasis koding, proyek mini berbasis Scratch, atau ide pembelajaran berbasis simulasi digital. Hal ini memperkuat keberlanjutan pembelajaran setelah pelatihan selesai. Fleksibilitas materi menjadi kunci keberhasilan. Fasilitator harus mampu menyesuaikan level peserta, dari guru yang belum pernah membuka editor kode hingga yang sudah terbiasa dengan aplikasi digital. Pendekatan diferensiasi menjadi strategi utama dalam hal ini.

Menurut riset Papert (1980), penggunaan komputer untuk menciptakan dan bukan sekadar mengonsumsi informasi memberikan dampak signifikan terhadap motivasi dan kepercayaan diri peserta didik. Prinsip ini juga berlaku bagi guru dalam pelatihan koding. Untuk keberlanjutan pasca-workshop, peserta dapat diarahkan untuk bergabung dalam komunitas online seperti Code.org, ScratchEd, atau grup Telegram lokal yang membahas pengembangan teknologi pendidikan. Keanggotaan dalam komunitas ini menjadi sumber inspirasi berkelanjutan. Workshop juga harus dilengkapi dengan sumber belajar mandiri, seperti e-book, video tutorial, dan forum diskusi. Ketersediaan ini memungkinkan guru belajar sesuai ritme dan minat mereka. Aspek *self directed learning* menjadi semakin penting dalam konteks pembelajaran profesional.

Bentuk dukungan pascapelatihan dapat berupa pendampingan atau *mentoring* jarak jauh selama beberapa minggu. Pendampingan ini memperkuat praktik lapangan dan membantu guru mengatasi tantangan nyata saat mencoba mengimplementasikan koding di kelasnya. Keberhasilan workshop koding dasar dapat diukur dari perubahan sikap dan keterbukaan peserta terhadap teknologi, serta munculnya inisiatif kecil dalam integrasi koding dalam pembelajaran. Ini menandai pergeseran dari guru sebagai pengguna pasif ke pencipta aktif pembelajaran digital. Dengan demikian, model workshop koding dasar bagi guru non-IT bukan sekadar pelatihan teknis, tetapi gerakan perubahan mindset pedagogis yang mendukung penguatan literasi digital dan inovasi pembelajaran. Strategi ini sejalan dengan agenda transformasi pendidikan nasional yang menempatkan guru sebagai motor perubahan utama.

Dengan pendekatan yang tepat, pelatihan ini akan menjembatani kesenjangan kompetensi digital antar guru, membuka jalan bagi transformasi praktik belajar mengajar, serta menumbuhkan budaya inovasi di lingkungan SMK yang dinamis dan adaptif.

#### **D. Kolaborasi MGMP dan Komunitas Pembelajaran Guru**

Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) telah lama menjadi garda terdepan dalam pengembangan profesional guru, khususnya di jenjang Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Dalam konteks pendidikan modern yang dinamis, MGMP tidak hanya menjadi forum koordinasi administratif, tetapi juga transformasi menjadi ruang pembelajaran profesional. Kolaborasi antarguru dalam MGMP dapat mempercepat diseminasi praktik-praktik baik dan teknologi baru seperti STEAM dan TPACK, yang krusial untuk peningkatan kualitas pembelajaran vokasi.

Salah satu prinsip utama dalam pengembangan komunitas pembelajaran profesional adalah *shared responsibility* (Lieberman & Miller, 2008), yakni bahwa peningkatan mutu pengajaran bukan semata tanggung jawab individu guru, melainkan kolektif dari komunitas guru. Dalam praktik MGMP, prinsip ini terwujud melalui pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*), *lesson study*, dan pengembangan modul pembelajaran kolaboratif.

Kolaborasi dalam MGMP juga harus diperluas ke jejaring antarsekolah dan antarwilayah. Kolaborasi lintas sekolah memungkinkan terjadinya pertukaran pengetahuan yang lebih kaya dan mempercepat adopsi inovasi pengajaran. Misalnya, sekolah yang telah menerapkan proyek STEAM dapat menjadi mentor bagi sekolah lain yang sedang memulai.

Dalam riset DuFour (2004), disebutkan bahwa komunitas pembelajaran profesional (*Professional Learning Communities/PLC*) mendorong guru untuk terus-menerus meningkatkan praktik mereka berdasarkan bukti pembelajaran siswa. MGMP seharusnya dikembangkan mengikuti prinsip PLC ini, dengan fokus pada hasil belajar, kolaborasi rutin, dan siklus perbaikan berkelanjutan.

Platform digital juga telah memperluas cakupan kolaborasi. Melalui Google Classroom, Microsoft Teams, atau Moodle, guru SMK dari berbagai daerah kini bisa terhubung dalam forum diskusi, berbagi RPP, modul, dan sumber ajar berbasis TPACK. Forum ini secara praktis menjadi bentuk baru MGMP virtual.

Komunitas pembelajaran juga dapat mengadopsi pendekatan *design thinking* dalam menyelesaikan tantangan pendidikan. Guru dari berbagai latar belakang dapat berkumpul untuk merancang solusi pembelajaran berbasis teknologi dan kebutuhan siswa vokasi secara kolaboratif dan empatik. Untuk mendukung keberlangsungan MGMP, penting adanya fasilitasi oleh dinas pendidikan atau Balai Guru Penggerak. Kegiatan seperti pendampingan, pelatihan rutin, atau fasilitasi studi banding akan memperkaya wawasan guru dan memperkuat kohesi komunitas. Selain itu, komunitas pembelajaran tidak terbatas pada MGMP formal. Komunitas informal berbasis minat seperti Komunitas Guru Coding, Forum Guru DKV, atau Kelompok Praktik STEM juga bisa berperan penting dalam pembaruan kompetensi.

Model kolaborasi bisa dirancang dalam bentuk *peer coaching*, di mana guru saling mengobservasi dan memberikan umpan balik berbasis instrumen refleksi TPACK. Ini terbukti efektif dalam mengembangkan kompetensi teknologi dan pedagogi secara simultan. Kementerian Pendidikan melalui program Sekolah Penggerak dan Guru Penggerak telah memberi ruang luas untuk inisiatif kolaboratif ini. Guru-guru penggerak dapat menjadi fasilitator dan katalisator pembentukan komunitas pembelajaran aktif di tingkat SMK. Dalam studi OECD (2020), ditemukan bahwa sekolah dengan kultur kolaboratif yang tinggi menunjukkan performa akademik yang lebih baik dan peningkatan kesejahteraan guru. Maka, penguatan MGMP dan komunitas pembelajaran bukan hanya strategi peningkatan mutu, tapi juga investasi jangka panjang dalam budaya sekolah.

Komunitas pembelajaran yang baik memiliki indikator antara lain: pertemuan rutin dengan agenda pengembangan, dokumentasi praktik baik, sistem refleksi dan evaluasi, serta keberlanjutan. Hal ini dapat diadopsi MGMP dalam menyusun program kerja tahunan. Kegiatan yang dapat dilakukan komunitas pembelajaran antara lain: pelatihan *microlearning*, lokakarya desain pembelajaran, kolaborasi pengembangan

media ajar digital, dan pelaksanaan riset tindakan kelas kolaboratif. Semua kegiatan ini akan bermuara pada peningkatan kualitas pembelajaran di SMK.

Praktik baik dari daerah seperti DIY, Jawa Tengah, dan Sumatera Barat menunjukkan MGMP dapat bertransformasi menjadi komunitas penggerak perubahan. Dengan dukungan kepala sekolah, MGMP dapat menjadi wadah inovasi bukan sekadar pengumpulan perangkat ajar. Dalam konteks STEAM dan TPACK, MGMP dapat menjadi laboratorium ide. Guru-guru lintas mata pelajaran dapat berkolaborasi merancang proyek STEAM terintegrasi. Di sinilah nilai tambah SMK sebagai ruang kolaboratif multidisiplin benar-benar diwujudkan. Komunitas pembelajaran juga berperan dalam memfasilitasi guru baru atau guru honorer untuk mengakses pengetahuan dan jaringan yang selama ini terbatas. Ini menjadi ruang inklusif untuk pertumbuhan profesional yang berkeadilan.

Keberhasilan komunitas pembelajaran tidak lepas dari peran pemimpin instruksional. Kepala sekolah yang mendukung budaya kolaborasi, menyediakan waktu dan ruang pertemuan guru, serta memberikan insentif, akan memperkuat keberlanjutan komunitas pembelajaran di sekolah. Maka, MGMP dan komunitas pembelajaran tidak hanya menjadi sarana berbagi, tetapi arena tumbuh bersama. Di sinilah filosofi guru sebagai pembelajar sepanjang hayat benar-benar dihidupkan. Kesimpulannya, penguatan kolaborasi MGMP dan komunitas pembelajaran guru di SMK merupakan kunci untuk melahirkan guru inovatif yang mampu merespons kompleksitas tantangan pembelajaran abad ke-21, melalui sinergi antara TPACK, STEAM, dan kebutuhan dunia industri.

## E. Sertifikasi, Portofolio, dan Rekognisi Praktik Inovatif

Sertifikasi guru merupakan salah satu strategi formal yang dirancang untuk meningkatkan kualitas pendidikan melalui validasi kompetensi profesional guru. Dalam konteks pendidikan kejuruan, khususnya SMK, sertifikasi tidak hanya menilai aspek pedagogik, tetapi juga keterampilan teknis dan penerapan inovasi seperti STEAM, TPACK, dan literasi digital. Menurut Darling-Hammond et al. (2017), sistem sertifikasi yang komprehensif dapat mendorong guru untuk lebih aktif dalam pengembangan profesional berkelanjutan.

Portofolio guru merupakan dokumen penting yang berisi rekam jejak praktik mengajar, refleksi pembelajaran, dan bukti inovasi yang telah dilakukan. Dalam pendekatan pendidikan berbasis kompetensi, portofolio berfungsi sebagai sarana evaluasi kualitatif dan penguatan refleksi profesional guru. Svinicki & McKeachie (2014) menyatakan bahwa portofolio merupakan instrumen yang mendorong guru mengembangkan kesadaran diri terhadap pertumbuhan profesional dan pembelajaran sepanjang hayat. Praktik inovatif guru perlu mendapatkan rekognisi institusional agar menjadi bagian dari budaya sekolah yang menghargai perubahan dan kreativitas. Rekognisi dapat diberikan melalui penghargaan sekolah, pencatatan dalam SKP (Sasaran Kinerja Pegawai), serta publikasi karya guru dalam forum MGMP atau jurnal pendidikan. Dengan adanya rekognisi ini, guru tidak merasa inovasi adalah beban tambahan, melainkan suatu prestasi yang layak diapresiasi.

Sertifikasi berbasis STEAM menjadi bagian dari kebutuhan baru dalam transformasi pendidikan vokasi. Sertifikasi ini menilai keterampilan guru dalam mendesain proyek interdisipliner, mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran, serta kemampuan menerapkan pendekatan problem-based learning. Program pelatihan yang terstruktur dengan asesmen formatif dapat membantu guru memenuhi kualifikasi untuk mendapatkan sertifikasi tersebut. Pengembangan portofolio digital telah menjadi tren global dalam dokumentasi pembelajaran. Guru dapat menyimpan video pembelajaran, refleksi harian, hasil proyek siswa, serta testimoni kolega atau siswa sebagai bagian dari portofolio. Platform seperti Google Sites, Mahara, atau Padlet dapat digunakan untuk membangun portofolio digital yang mudah dibagikan dan diakses oleh pihak manajemen sekolah maupun institusi penyelenggara sertifikasi.

Penilaian praktik inovatif perlu menggunakan rubrik yang mencakup aspek kreativitas, kebermaknaan pembelajaran, dampak terhadap capaian siswa, serta kolaborasi antarpihak. Rubrik yang jelas memungkinkan guru memahami standar inovasi yang diharapkan dan mengembangkan strategi pembelajaran secara lebih terarah. Hal ini sejalan dengan pendekatan evaluasi formatif yang dikembangkan oleh Wiggins & McTighe (2005). Salah satu model pelatihan inovatif yang mendukung penyusunan portofolio dan persiapan sertifikasi adalah model coaching berbasis refleksi. Dalam pendekatan ini, guru didampingi oleh mentor untuk merancang, menjalankan, dan

mengevaluasi proses pembelajaran berbasis STEAM atau TPACK. Refleksi dan dokumentasi kegiatan ini dapat menjadi bagian dari portofolio yang diajukan dalam proses sertifikasi atau promosi jabatan fungsional.

Sertifikasi harus diarahkan bukan semata sebagai kelengkapan administratif, tetapi sebagai bentuk pengakuan terhadap pembelajaran yang bermakna. Ketika guru merasa bahwa sertifikasi mencerminkan perjalanan profesional mereka, maka semangat untuk terus belajar dan berinovasi akan meningkat. Hal ini menuntut desain sistem sertifikasi yang adil, transparan, dan akuntabel. Di banyak negara maju, proses sertifikasi guru berbasis praktik inovatif telah melibatkan tim evaluator dari komunitas pendidikan dan industri. Kolaborasi ini memperkaya validitas proses asesmen dan menghubungkan kemampuan guru dengan kebutuhan nyata dunia kerja. Indonesia dapat mengadopsi model serupa dalam pengembangan sistem sertifikasi guru vokasi.

Rekognisi terhadap praktik inovatif guru juga perlu diperkuat dengan insentif non-finansial seperti peluang mengikuti seminar internasional, program beasiswa pengembangan profesi, dan partisipasi dalam jejaring inovasi global. Hal ini menjadi penguat motivasi guru untuk terus berkarya dan membagikan praktik terbaik mereka. Portofolio dapat menjadi instrumen penting dalam promosi jabatan guru, baik fungsional maupun struktural. Dalam pengajuan kenaikan pangkat, bukti portofolio yang kuat mencerminkan kapasitas kepemimpinan, kolaborasi, dan inovasi. Oleh karena itu, pembinaan guru dalam menyusun portofolio perlu menjadi bagian dari program rutin sekolah.

Evaluasi dampak sertifikasi dan portofolio perlu dilakukan secara berkala oleh lembaga pengembang kurikulum atau pengawas sekolah. Evaluasi ini bertujuan untuk melihat sejauh mana peningkatan kualitas pembelajaran dan motivasi guru setelah mengikuti sertifikasi atau menyusun portofolio. Hasil evaluasi dapat digunakan untuk menyempurnakan kebijakan dan program pelatihan. Pendidikan vokasi yang berorientasi pada mutu tidak dapat dilepaskan dari pengembangan kapasitas guru secara sistemik dan berkelanjutan. Sertifikasi, portofolio, dan rekognisi praktik inovatif harus dilihat sebagai satu paket intervensi strategis yang dirancang untuk mendorong kualitas dan profesionalisme guru SMK.

Guru perlu diberi pelatihan teknis dan konseptual untuk memahami cara menyusun portofolio yang mencerminkan praktik berbasis bukti (evidence-based teaching). Modul pelatihan harus menyertakan contoh portofolio unggulan, pedoman penulisan narasi reflektif, serta teknik dokumentasi berbasis multimedia.

Kompetisi praktik inovatif antarguru dapat menjadi strategi penguatan portofolio sekaligus menciptakan budaya belajar antarprofesional. Kegiatan seperti Lomba Inovasi Pembelajaran atau Showcase Teaching Excellence dapat menjadi panggung pengakuan sekaligus motivasi bagi guru untuk terus belajar dan bereksperimen. Sistem informasi sekolah dapat digunakan sebagai repository portofolio guru yang terintegrasi. Dengan dukungan platform digital, manajemen sekolah dapat memantau perkembangan portofolio, memberikan umpan balik, serta menyiapkan data portofolio untuk keperluan akreditasi atau seleksi program unggulan. Sertifikasi berbasis praktik tidak boleh menitikberatkan pada penguasaan teori semata. Fokus utama adalah kemampuan guru dalam mengubah teori menjadi aksi nyata di kelas. Oleh karena itu, observasi kelas, studi kasus, dan video pembelajaran menjadi komponen utama dalam proses sertifikasi berbasis praktik.

Rekognisi terhadap guru inovatif juga dapat dilakukan melalui sistem badge digital yang dikeluarkan oleh lembaga kredibel. Badge ini dapat dicantumkan dalam profil LinkedIn, portofolio digital, atau bahkan dalam SK Kenaikan Pangkat. Pendekatan ini sudah diterapkan di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Singapura, dan Korea Selatan. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan bersama LPMP dan P4TK perlu menyediakan platform sertifikasi alternatif berbasis praktik mengajar aktual yang lebih relevan dengan realitas kelas. Fleksibilitas waktu, akses daring, serta personalisasi materi menjadi syarat mutlak dalam menciptakan sistem sertifikasi yang adaptif. Sebagai penutup, integrasi sertifikasi, portofolio, dan rekognisi praktik inovatif harus dijadikan bagian dari strategi nasional peningkatan mutu guru vokasi. Dalam ekosistem pendidikan yang dinamis dan disruptif, guru bukan hanya pelaku pasif, tetapi aktor strategis yang terus belajar, tumbuh, dan memimpin perubahan.

## F. Studi Kasus Program Pelatihan Guru (Indonesia & Luar Negeri)

Pelatihan guru yang berkualitas tidak dapat dilepaskan dari studi kasus nyata yang telah dijalankan di berbagai konteks, baik lokal maupun internasional. Studi-studi ini memberikan wawasan penting tentang strategi efektif, kendala lapangan, dan praktik baik yang dapat direplikasi atau dimodifikasi sesuai kebutuhan pendidikan vokasi di Indonesia. Dalam bab ini, dikaji secara mendalam bagaimana pelatihan guru dirancang, dilaksanakan, dan dievaluasi dalam berbagai latar yang berbeda, dengan fokus pada SMK dan penguatan pedagogi berbasis STEAM, TPACK, serta literasi digital.

Di Indonesia, salah satu studi kasus yang menonjol adalah program Teaching Factory (TeFa) yang diterapkan di SMK Negeri 5 Surakarta. TeFa ini bukan hanya menjadi metode pembelajaran berbasis produksi, melainkan juga sebagai ajang pelatihan guru untuk memahami alur kerja industri secara langsung. Melalui pelibatan aktif dalam produksi nyata seperti pembuatan mebel, batik, dan produk kuliner, guru secara simultan memperoleh pelatihan berbasis kebutuhan dunia kerja (DUDI). Penelitian oleh Widodo et al. (2022) menunjukkan bahwa keterlibatan guru dalam proses produksi meningkatkan pemahaman mereka terhadap standar mutu industri dan mampu menyesuaikan proses pembelajaran agar lebih aplikatif.

Namun demikian, tantangan dalam pelaksanaan TeFa juga mencuat. Kurangnya pemahaman manajerial, keterbatasan sarana produksi, serta lemahnya jejaring industri menjadi hambatan utama. Studi oleh Herlina (2023) menyebut bahwa keterlibatan aktif industri dan pelatihan berbasis magang bagi guru merupakan faktor krusial yang masih perlu diperkuat. Oleh karena itu, dalam pengembangan TeFa, pelatihan bagi guru harus bersifat dua arah: memperkuat pedagogi sekaligus kompetensi teknis.

Salah satu contoh program pelatihan guru berbasis teknologi adalah inisiatif e-Guru.id yang menyelenggarakan pelatihan daring bersertifikat secara masif. Program ini membuka akses seluas-luasnya kepada guru di seluruh Indonesia untuk mengikuti pelatihan berisi konten TPACK, literasi digital, pembelajaran berbasis proyek, hingga coding dasar. Meskipun pelatihan ini bersifat asinkron, keberhasilan program ini sangat bergantung pada motivasi intrinsik peserta dan bimbingan pasca-pelatihan. Evaluasi oleh Prasetyo (2022) menyebut bahwa penguatan community of practice sangat

dibutuhkan agar pelatihan daring tidak berhenti pada tataran pengetahuan, melainkan bertransformasi menjadi kompetensi aktual di ruang kelas.

Di tingkat internasional, studi dari Jerman menunjukkan keberhasilan sistem dual system yang menyatukan pelatihan di sekolah dan industri. Guru SMK mengikuti program pelatihan industri selama satu tahun untuk memahami langsung proses produksi dan teknologi terbaru. Di Bavaria, misalnya, guru-guru teknik mesin mengikuti pelatihan langsung di pabrik Siemens, lalu kembali ke sekolah membawa lesson plan berbasis simulasi industri. Model ini terbukti efektif dalam menjembatani kesenjangan antara dunia kerja dan sekolah, sebagaimana dilaporkan oleh European VET Observatory (2021).

Singapura menawarkan studi kasus yang relevan untuk pelatihan guru berbasis teknologi dan TPACK. National Institute of Education (NIE) secara rutin melatih guru dalam microlearning module yang difasilitasi mentor berpengalaman. Modul-modul ini dilengkapi dengan sistem umpan balik langsung, refleksi digital, dan portofolio elektronik. Guru diwajibkan mempraktikkan pengetahuan yang diperoleh dalam kelas dan merefleksikannya dalam bentuk video teaching log. Ini menunjukkan bahwa pelatihan yang bermakna harus disertai praktik nyata dan dokumentasi pembelajaran.

Studi dari Australia, melalui program Teaching Teachers for the Future (TTF), menunjukkan pentingnya pelatihan TPACK berbasis kolaborasi antar-disiplin. Guru dari berbagai mata pelajaran diajak bekerja sama dalam mendesain unit pembelajaran berbasis teknologi yang terintegrasi lintas kurikulum. Hasil penelitian oleh Albion & Tondeur (2022) menunjukkan bahwa guru yang terlibat dalam pelatihan kolaboratif memiliki pemahaman yang lebih dalam terhadap koneksi antara teknologi, pedagogi, dan konten.

Di Finlandia, pelatihan guru bersifat siklik dan berjenjang, berbasis riset kelas (classroom inquiry). Guru didorong menjadi peneliti yang mengembangkan dan mengevaluasi pendekatan pembelajaran. Program seperti "Teacher as Researcher" melatih guru untuk menggunakan data kelas dalam merancang pelatihan berbasis bukti. Ini menjadikan pelatihan tidak sekadar bersifat teknis, melainkan juga reflektif dan ilmiah. Nepal, sebagai negara berkembang, menyuguhkan pelajaran penting tentang

pelatihan vokasional berbasis komunitas. Program pelatihan guru berbasis kebutuhan lokal seperti pertanian organik, solar panel, dan hidroponik dikembangkan melalui kerja sama LSM dan sekolah. Studi oleh Pokhrel (2021) menekankan pentingnya penguatan konten lokal dan teknologi sederhana untuk memberdayakan guru di wilayah rural. Thailand memanfaatkan platform daring seperti Thai MOOC untuk menyelenggarakan pelatihan berbasis blended learning. Guru wajib menyelesaikan modul daring sebelum mengikuti praktik mengajar terbimbing di kelas. Program ini mendorong transisi guru dari passive learner menjadi active innovator. Keberhasilan ini didukung oleh kebijakan pemerintah yang menyelaraskan sertifikasi guru dengan capaian microcredential pelatihan daring.

Amerika Serikat, khususnya melalui program Google for Education dan Code.org, menyediakan pelatihan coding dasar bagi guru dari berbagai latar belakang. Studi oleh Means et al. (2023) menunjukkan bahwa dengan pelatihan intensif selama 10 hari dan dukungan komunitas virtual, guru non-TIK mampu merancang unit coding untuk mata pelajaran IPS, Biologi, bahkan Musik. Secara umum, pelatihan guru yang berdampak bukan hanya bergantung pada intensitas pelatihan, melainkan pada keberlanjutan, dukungan komunitas, refleksi kritis, dan kemitraan lintas sektor. Studi-studi tersebut memperlihatkan bahwa desain pelatihan yang transformatif harus menempatkan guru sebagai subjek pembelajar yang otonom, reflektif, dan kolaboratif.

Program pelatihan yang berorientasi pada praktik nyata (authentic professional learning) dengan bimbingan langsung, umpan balik berbasis bukti, dan ruang eksperimen pedagogi menjadi kunci keberhasilan. Tidak kalah penting adalah aspek dokumentasi dan rekognisi, seperti portofolio digital, peer review, dan coaching berjenjang. Pelatihan guru juga perlu mengantisipasi tantangan masa depan dengan mengintegrasikan tema transformatif seperti pendidikan berkelanjutan (Education for Sustainable Development), pendidikan inklusif, dan kecakapan sosial-emosional. Dengan pembelajaran dari beragam studi kasus ini, sekolah, dinas pendidikan, dan pembuat kebijakan dapat merancang pelatihan guru yang lebih adaptif, berbasis kebutuhan lokal, namun tetap terhubung dengan praktik global. Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi laboratorium pelatihan guru yang inovatif jika studi kasus ini dijadikan dasar pengembangan sistem pelatihan berkelanjutan.

## BAB 10.

### MONITORING, EVALUASI, DAN DAMPAK

*"Mengukur yang Bermakna, Bukan Sekadar Menghitung"*

Setelah serangkaian transformasi pembelajaran berbasis STEAM, TPACK, dan koding dikembangkan dan diimplementasikan dalam ekosistem pendidikan SMK, pertanyaan mendasar yang harus dijawab bukan hanya *"Apa yang sudah dilakukan?"*, melainkan *"Apa dampaknya?"* Bab ini hadir untuk menegaskan bahwa keberhasilan inovasi pendidikan tidak bisa dilepaskan dari mekanisme monitoring, evaluasi, dan refleksi dampak secara sistematis. Di era digital dan berbasis data, evaluasi bukan sekadar laporan akhir tahun atau formalitas administratif. Ia menjadi bagian integral dari siklus belajar institusi. Seperti ungkapan *"assessment is the engine of improvement,"* maka praktik pembelajaran yang revolusioner pun membutuhkan sistem evaluasi yang adaptif, kontekstual, dan bermakna.

Bab ini akan mengulas indikator keberhasilan dari penerapan STEAM dan TPACK di kelas SMK, disertai contoh instrumen penilaian, pengukuran dampak terhadap capaian belajar, serta bagaimana mendokumentasikan praktik baik guru sebagai bahan refleksi kolektif dan pengambilan kebijakan. Lebih dari itu, strategi untuk melakukan perbaikan berkelanjutan dan tindakan korektif juga dibahas sebagai wujud bahwa inovasi sejati adalah proses hidup, bukan proyek sesaat. Di tengah tuntutan akan pendidikan yang menghasilkan lulusan adaptif, kreatif, dan kolaboratif, bab ini menjadi penutup yang strategis bukan akhir dari buku, tapi pijakan awal menuju perbaikan tiada henti. Karena sejatinya, pendidikan bukan hanya soal transfer ilmu, tetapi juga *transformasi makna*. Dan transformasi itu mesti bisa dibuktikan, diukur, dan disempurnakan.

## A. Indikator Keberhasilan Implementasi di Kelas

Keberhasilan implementasi pendekatan pembelajaran inovatif seperti STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dan kerangka TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) di kelas tidak bisa diukur hanya dari output administratif atau tingkat kelulusan semata. Indikator yang menyeluruh perlu mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik siswa, serta kualitas proses belajar itu sendiri. Dalam konteks ini, evaluasi pembelajaran menjadi jembatan antara idealisme pedagogis dengan realitas kelas yang dinamis dan kompleks. Salah satu indikator utama keberhasilan implementasi di kelas adalah keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Keterlibatan ini mencakup aspek partisipasi dalam diskusi, inisiatif dalam eksplorasi proyek, serta kemauan untuk mencoba solusi dan melakukan refleksi. Penelitian Fredricks, Blumenfeld, dan Paris (2004) menekankan bahwa engagement siswa tidak hanya bersifat behavioral, tetapi juga emosional dan kognitif, yang semuanya dapat diamati dalam lingkungan pembelajaran berbasis proyek dan interdisipliner.

Indikator lain yang krusial adalah peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa. Kurikulum abad ke-21 menekankan pentingnya high-order thinking skills (HOTS) yang dapat diasah melalui pendekatan STEAM. Menurut studi Brookhart (2010), kemampuan berpikir tingkat tinggi mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta yang seluruhnya bisa diobservasi dalam kegiatan seperti membuat prototipe, mendesain solusi, atau mengembangkan aplikasi sederhana. Penerapan TPACK di kelas membawa indikator tambahan yang berorientasi pada integrasi teknologi. Indikator keberhasilan mencakup sejauh mana guru mampu memanfaatkan teknologi digital secara efektif dalam proses pengajaran yang terintegrasi dengan konten dan pedagogi. Mishra dan Koehler (2006) menyatakan bahwa guru dengan TPACK yang kuat tidak hanya menguasai teknologi, tetapi mampu menyelaraskannya dengan materi dan metode pengajaran secara sinergis.

Kualitas asesmen juga menjadi indikator penting. Bukan hanya dari sisi bentuknya (misalnya rubrik proyek, portofolio digital, atau penilaian autentik), tetapi dari kebermaknaannya bagi siswa. Assessment for learning (AfL) yang diterapkan dalam

pembelajaran STEAM menuntut umpan balik yang konstruktif, formatif, dan berkelanjutan. Siswa tidak hanya tahu hasil, tetapi juga memahami proses belajarnya dan bagaimana meningkatkannya. Indikator keberhasilan juga bisa dilihat dari kolaborasi antar siswa. Dalam proyek STEAM, keberhasilan bukan hanya pada hasil produk akhir, tetapi juga dinamika kerja tim, peran anggota, dan penyelesaian konflik secara konstruktif. Penelitian Johnson dan Johnson (2009) menunjukkan bahwa kolaborasi yang sehat dalam kelas meningkatkan empati, komunikasi, dan kapasitas problem solving siswa.

Selain itu, fleksibilitas dan adaptasi guru dalam menghadapi dinamika pembelajaran menjadi indikator penting. Guru yang sukses menerapkan STEAM dan TPACK biasanya menunjukkan kesediaan untuk mencoba pendekatan baru, belajar dari kesalahan, dan terbuka terhadap masukan dari siswa maupun kolega. Sikap reflektif ini menjadi elemen kunci dalam peningkatan mutu pembelajaran secara berkelanjutan. Keberhasilan juga dapat diukur melalui peningkatan motivasi intrinsik siswa. Dalam pembelajaran berbasis proyek dan kontekstual, siswa biasanya lebih termotivasi karena merasa proses belajarnya bermakna dan terkait dengan kehidupan nyata. Menurut teori self-determination Deci dan Ryan (2000), otonomi, kompetensi, dan keterhubungan adalah tiga pilar yang membangun motivasi intrinsik yang kuat.

Tingkat retensi dan transfer pengetahuan siswa menjadi indikator keberhasilan lain yang signifikan. Apakah siswa hanya mengingat informasi untuk ujian, ataukah mereka mampu menerapkan pengetahuan tersebut dalam konteks baru dan tantangan dunia nyata? Evaluasi jangka panjang terhadap kemampuan ini dapat dilakukan melalui proyek lanjutan, studi kasus, atau presentasi publik. Komunikasi efektif juga menjadi indikator penting dalam pendekatan STEAM dan TPACK. Siswa ditantang untuk menjelaskan gagasan mereka, menyusun argumen, dan mempresentasikan temuan secara logis dan persuasif. Kemampuan ini merupakan bagian dari literasi abad ke-21 yang menjadi indikator keberhasilan pembelajaran modern. Kreativitas siswa dalam memecahkan masalah dan menghasilkan produk unik juga menjadi tolok ukur penting. Dalam pembelajaran berbasis proyek, siswa yang mampu menggabungkan berbagai disiplin ilmu untuk menghasilkan solusi inovatif

menunjukkan keberhasilan proses belajar yang transformatif. Kreativitas ini bisa dilihat dari orisinalitas ide, kejelasan desain, dan keberanian mengambil risiko intelektual.

Guru juga dapat melihat keberhasilan dari adanya perubahan perilaku siswa dalam penggunaan teknologi. Apakah mereka menggunakan teknologi hanya untuk hiburan, atau sudah mulai menjadikannya sebagai alat untuk belajar, mencipta, dan berkolaborasi? Indikator ini dapat diukur melalui survei perilaku digital, log aktivitas platform pembelajaran, atau observasi langsung. Respon orang tua dan komunitas juga dapat menjadi indikator eksternal dari keberhasilan implementasi. Ketika orang tua melihat anaknya lebih semangat belajar, lebih mandiri, dan menunjukkan hasil nyata dari proses belajar seperti proyek, aplikasi, atau karya seni, maka dapat disimpulkan adanya dampak positif yang melampaui ruang kelas.

Indikator keberhasilan lainnya adalah peningkatan kompetensi guru itu sendiri. Guru yang berhasil menerapkan pendekatan ini akan menunjukkan peningkatan dalam penguasaan teknologi, diversifikasi metode mengajar, dan kemampuan merancang asesmen autentik. Evaluasi diri, portofolio guru, dan hasil coaching atau pelatihan dapat dijadikan acuan. Penggunaan Learning Management System (LMS) atau platform digital juga menjadi indikator keberhasilan dalam mengelola proses pembelajaran modern. LMS tidak hanya menyimpan materi, tetapi juga memfasilitasi diskusi, penilaian, dan umpan balik yang komprehensif. Pemanfaatan fitur ini secara optimal mencerminkan integrasi TPACK yang berhasil.

Konsistensi pelaksanaan kurikulum yang fleksibel dan adaptif menjadi indikator keberhasilan sistemik. SMK yang berhasil mengadopsi pendekatan STEAM dan TPACK akan memperlihatkan keterpaduan antara perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi yang sinkron dengan kebutuhan dunia kerja dan perkembangan teknologi. Kehadiran showcase atau pameran hasil karya siswa di akhir proyek menjadi salah satu indikator visual yang kuat. Selain menunjukkan hasil konkret, kegiatan ini juga memperlihatkan proses, kreativitas, dan kerja sama tim siswa dalam menyelesaikan tugas secara kolaboratif.

Kegiatan refleksi guru dan siswa merupakan indikator penting dalam proses peningkatan berkelanjutan. Refleksi yang terdokumentasi dengan baik menunjukkan

bahwa pembelajaran tidak berhenti di produk akhir, tetapi berlanjut dalam proses introspeksi dan penyempurnaan strategi.

Akhirnya, indikator paling menyeluruh adalah dampak jangka panjang terhadap kesiapan siswa menghadapi tantangan global. Siswa yang pernah belajar dengan pendekatan STEAM dan TPACK akan memiliki daya lenting, kapasitas inovasi, dan kepercayaan diri yang tinggi untuk beradaptasi dan berkembang di era digital dan otomatisasi. Dengan demikian, indikator keberhasilan implementasi di kelas tidak bersifat tunggal dan statis, tetapi multidimensi dan dinamis. Evaluasi yang tajam dan reflektif terhadap indikator-indikator ini akan menjadi fondasi penting dalam membangun budaya belajar yang inovatif, humanis, dan berkelanjutan di SMK.

## **B. Instrumen Penilaian Penerapan STEAM dan TPACK**

Dalam upaya mengintegrasikan pendekatan STEAM dan kerangka TPACK ke dalam pembelajaran di SMK, penilaian yang tepat menjadi kunci untuk memantau efektivitas dan menilai keterlaksanaan implementasi secara akurat. Instrumen penilaian harus dikembangkan secara holistik, mencakup indikator keterpaduan antar dimensi teknologi, pedagogi, dan konten, serta kemampuan siswa dalam berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif dalam menyelesaikan masalah otentik berbasis proyek.

Penilaian terhadap penerapan STEAM dan TPACK harus berlandaskan pada prinsip autentik, formatif, dan integratif. Hal ini sejalan dengan pandangan Mueller (2022) yang menekankan bahwa asesmen autentik mendorong pembelajaran yang bermakna dan menilai kompetensi secara kontekstual. Oleh karena itu, instrumen yang digunakan tidak hanya menilai output pembelajaran, tetapi juga proses berpikir, kerja tim, dan penerapan pengetahuan dalam konteks nyata.

Dalam konteks TPACK, instrumen penilaian guru mencakup tiga ranah utama:

1. pemahaman konten dan pedagogi (PCK),
2. pemanfaatan teknologi secara tepat guna (TK), dan
3. kemampuan integratif dalam merancang pembelajaran (TPACK).

Menurut Koehler & Mishra (2021), keberhasilan penerapan TPACK terlihat dari konsistensi guru dalam mengelola perangkat ajar yang menyatu antara substansi pelajaran, strategi pengajaran, dan dukungan teknologi.

Sementara itu, dalam implementasi STEAM, instrumen yang digunakan perlu menilai kemampuan siswa dalam menjalankan proyek terpadu yang memadukan sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika. National Academies Press (2021) merekomendasikan penggunaan rubrik berbasis proyek yang memuat indikator kreativitas, pemecahan masalah, penerapan pengetahuan antar-disiplin, dan presentasi hasil karya.

Instrumen penilaian dapat dibagi ke dalam beberapa jenis:

1. Rubrik penilaian proyek,
2. Lembar observasi keterlibatan siswa dan guru,
3. Portofolio digital siswa, serta
4. Self-assessment dan peer assessment. Setiap instrumen harus disusun berdasarkan kriteria yang jelas, objektif, dan dapat dikalibrasi antar guru.

Rubrik penilaian proyek STEAM, misalnya, dapat mencakup aspek-aspek berikut:

1. pemahaman konsep lintas disiplin,
2. keterampilan berpikir kritis dan kreatif,
3. kolaborasi tim,
4. penggunaan teknologi dan alat secara efektif,
5. kualitas prototipe atau karya, dan
6. komunikasi dan presentasi. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1-4 atau 1-5 dengan deskripsi indikator yang spesifik.

Berikut contoh format rubrik penilaian proyek STEAM:

Aspek Penilaian	Skor 1 (Kurang)	Skor 2 (Cukup)	Skor 3 (Baik)	Skor 4 (Sangat Baik)
Pemahaman Konsep	Tidak relevan	Sebagian tepat	Tepat	Mendalam dan integratif
Kreativitas dan Inovasi	Tidak terlihat	Ada sedikit	Cukup kreatif	Sangat inovatif
Kolaborasi Tim	Pasif	Kadang berkontribusi	Aktif bekerja sama	Pemimpin tim dan fasilitator
Pemanfaatan Teknologi	Tidak digunakan	Digunakan seadanya	Sesuai kebutuhan	Optimal dan efektif
Hasil Karya / Prototipe	Tidak selesai	Sederhana	Fungsional	Berkualitas dan kompleks
Presentasi dan Komunikasi	Tidak jelas	Kurang rapi	Jelas dan runtut	Sangat menarik dan meyakinkan

Lembar observasi untuk guru digunakan untuk mencatat keterlibatan siswa dan dinamika proses pembelajaran. Instrumen ini menilai dimensi afektif, kognitif, dan psikomotor siswa saat bekerja dalam proyek. Penilaian dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif oleh guru, menggunakan format checklist dan skala deskriptif. Checklist integratif juga penting untuk mengevaluasi sejauh mana guru telah mengimplementasikan prinsip-prinsip TPACK dalam RPP dan pelaksanaan pembelajaran. Indikator dalam checklist mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi yang mengintegrasikan teknologi secara bermakna dan tidak hanya sebagai pelengkap.

Portofolio digital siswa menjadi bagian dari dokumentasi proses dan produk pembelajaran. Ini memungkinkan guru untuk menilai perkembangan keterampilan

secara longitudinal dan reflektif. Portofolio dapat memuat laporan proyek, refleksi pribadi siswa, dokumentasi video, dan artefak hasil belajar lainnya. Self-assessment dan peer assessment memberi ruang bagi siswa untuk merefleksikan pengalaman belajar mereka, memahami kekuatan dan kelemahan diri, serta memberikan masukan konstruktif bagi teman. Ini mendorong budaya belajar yang kolaboratif dan bertanggung jawab. Evaluasi terhadap instrumen juga harus dilakukan secara periodik melalui uji validitas dan reliabilitas. Hal ini penting untuk memastikan bahwa instrumen benar-benar mengukur apa yang dimaksud dan dapat diterapkan secara konsisten oleh berbagai guru. Pemanfaatan teknologi dalam asesmen juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan aplikasi seperti Google Forms, Padlet, Seesaw, atau platform Learning Management System (LMS) yang menyediakan fitur kuis, penilaian proyek, dan rubrik digital. Dukungan dari kepala sekolah dan tim penjamin mutu sangat krusial dalam mendorong konsistensi dan keberlanjutan penggunaan instrumen ini. Pelatihan guru dalam menyusun dan menggunakan instrumen perlu menjadi bagian dari program pengembangan profesional.

Penerapan instrumen ini juga sebaiknya disesuaikan dengan karakteristik program keahlian di SMK. Sebagai contoh, SMK bidang teknik bisa lebih menekankan pada aspek prototipe dan penggunaan alat, sementara bidang seni dan desain pada aspek estetika dan komunikasi visual. Keberhasilan penerapan instrumen ini tidak hanya terlihat dari skor siswa, melainkan juga dari perubahan praktik mengajar guru dan peningkatan kualitas keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Dengan pendekatan ini, asesmen tidak lagi sekadar menjadi alat evaluasi, tetapi menjadi bagian integral dari pembelajaran, refleksi, dan perbaikan berkelanjutan menuju kualitas pendidikan vokasi yang inovatif dan relevan. Melalui instrumen yang tepat, pembelajaran berbasis STEAM dan TPACK dapat dimonitor, dievaluasi, dan ditingkatkan secara berkelanjutan untuk membentuk generasi SMK yang siap kerja, adaptif, dan kreatif di era disrupsi.

### **C. Pengukuran Dampak terhadap Hasil Belajar dan Kreativitas**

#### **Siswa**

Pengukuran dampak implementasi pendekatan STEAM dan TPACK di SMK tidak hanya terbatas pada pencapaian kognitif, tetapi juga mencakup pengembangan dimensi

afektif dan psikomotorik siswa, serta indikator kreativitas dan inovasi. Pembelajaran yang dirancang dengan pendekatan ini bertujuan membentuk siswa sebagai problem solver, kreator, dan kolaborator, sehingga alat ukur keberhasilan tidak cukup hanya berupa nilai akademik, tetapi juga perubahan cara berpikir, sikap terhadap tantangan, serta kemampuan menerapkan pengetahuan lintas bidang.

Menurut Marzano (2010), pengukuran dampak pembelajaran abad 21 harus mencakup tiga domain utama: penguasaan konten, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan soft skills. Dalam konteks SMK, hal ini sangat relevan karena siswa dituntut untuk mampu menerapkan ilmu dalam praktik kerja nyata. Oleh karena itu, indikator dampak harus mencakup kemampuan siswa menyelesaikan masalah otentik, menghasilkan karya inovatif, serta bekerja sama dalam tim multidisiplin.

Beberapa instrumen yang bisa digunakan dalam pengukuran dampak meliputi rubrik penilaian proyek berbasis STEAM, portofolio digital siswa, serta instrumen observasi kreativitas seperti Torrance Test of Creative Thinking (TTCT) yang telah dimodifikasi sesuai konteks SMK. Rubrik penilaian proyek dapat mencakup aspek orisinalitas ide, penerapan prinsip lintas disiplin, keberanian bereksperimen, serta kemampuan refleksi diri. Sementara itu, portofolio digital memungkinkan guru dan siswa melihat progres capaian dari waktu ke waktu secara visual dan terintegrasi. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam mengevaluasi pengaruh pembelajaran berbasis STEAM terhadap hasil belajar adalah model evaluasi CIPP (Context, Input, Process, Product) yang dikembangkan oleh Stufflebeam. Model ini memungkinkan analisis menyeluruh terhadap kebutuhan, sumber daya, pelaksanaan, dan output pembelajaran. Dalam model ini, hasil belajar dan kreativitas dikaji dalam tahap Product, sementara perubahan sikap dan pola pikir dapat dianalisis di tahap Process.

Dampak positif pendekatan STEAM dan TPACK juga tercermin dalam berbagai studi. Penelitian oleh Lou et al. (2017) menunjukkan bahwa siswa yang belajar dengan pendekatan STEAM menunjukkan peningkatan signifikan dalam berpikir divergen, kemampuan problem solving, dan motivasi intrinsik. Sementara itu, implementasi TPACK yang baik terbukti meningkatkan keterlibatan siswa dan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi (Koehler & Mishra, 2020). Evaluasi dampak tidak dapat dilepaskan

dari prinsip asesmen autentik. Penilaian harus menggambarkan situasi dunia nyata yang menantang siswa untuk berpikir kreatif dan bertindak inovatif. Oleh karena itu, penggunaan studi kasus, proyek lapangan, dan pameran karya menjadi bagian penting dalam strategi pengukuran. Guru juga dapat menggunakan self-assessment dan peer-assessment sebagai alat reflektif untuk mengukur perkembangan metakognitif siswa.

Pengukuran terhadap kreativitas siswa juga harus mempertimbangkan keunikan domain kejuruan. Kreativitas dalam bidang otomotif akan berbeda manifestasinya dengan di bidang DKV atau agribisnis. Maka dari itu, instrumen evaluasi harus disesuaikan dengan karakteristik kompetensi keahlian di masing-masing program. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan rubrik spesifik berdasarkan karakteristik proyek dan tujuan kurikulum masing-masing. Penting pula untuk melibatkan industri sebagai mitra validasi dampak pembelajaran. Masukan dari dunia usaha dan dunia industri (DUDI) terkait kualitas produk siswa, sikap kerja, dan kreativitas dapat dijadikan indikator dampak nyata dari implementasi STEAM dan TPACK. Pendekatan ini memperkuat relevansi kurikulum sekaligus memastikan bahwa hasil belajar sesuai kebutuhan dunia kerja.

Penelitian tindakan kelas (PTK) dapat menjadi sarana efektif bagi guru untuk mengukur dampak pembelajaran yang mereka lakukan secara kontekstual. Dengan menggunakan siklus perencanaan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi, guru dapat mengevaluasi secara berkelanjutan dampak metode dan pendekatan yang digunakan terhadap hasil belajar dan kreativitas siswa. Selain itu, teknologi digital dapat dimanfaatkan untuk memfasilitasi pengukuran dampak secara lebih akurat dan real-time. Platform seperti Google Classroom, LMS, dan aplikasi portofolio seperti Seesaw atau Padlet memungkinkan dokumentasi proses belajar dan hasil karya secara sistematis. Data yang dihasilkan dapat diolah menjadi laporan evaluatif yang berbasis bukti.

Dengan mengintegrasikan instrumen-instrumen ini, sekolah dapat membangun sistem monitoring dan evaluasi (monev) berbasis data yang komprehensif dan reflektif. Sistem ini tidak hanya berfungsi untuk mengukur capaian, tetapi juga sebagai basis pengambilan keputusan dan perbaikan berkelanjutan terhadap desain pembelajaran, pelatihan guru, dan penguatan kurikulum. Dalam praktiknya, sekolah juga

dapat mengembangkan dashboard evaluasi pembelajaran STEAM dan TPACK yang terhubung dengan indikator Rapor Pendidikan dan SNPM. Dashboard ini bisa menjadi alat pelaporan strategis untuk kepala sekolah, yayasan, dan pemangku kepentingan eksternal.

Dengan pendekatan evaluatif yang sistematis, pengukuran dampak tidak hanya menjadi aktivitas administratif, tetapi bagian integral dari proses reflektif dan transformasi pendidikan. Sekolah vokasi akan semakin tangguh dalam menyiapkan lulusan adaptif, kreatif, dan siap menjawab tantangan masa depan berbasis teknologi dan inovasi. Akhirnya, pengukuran dampak tidak semata-mata menjadi tugas guru atau kepala sekolah, tetapi merupakan kerja kolektif ekosistem pendidikan vokasi. Sinergi antara guru, siswa, DUDI, dan komunitas pembelajaran akan membentuk budaya evaluasi yang sehat, progresif, dan berbasis kualitas. Inilah jalan menuju mutu pembelajaran yang autentik dan transformatif.

#### **D. Dokumentasi Praktik Baik Guru dan Refleksi**

Dokumentasi praktik baik (*best practices*) guru dalam pembelajaran berbasis STEAM, TPACK, dan koding merupakan bagian integral dari siklus pembelajaran abad 21 yang kolaboratif, reflektif, dan berbasis pengembangan berkelanjutan. Praktik baik bukan sekadar keberhasilan yang diceritakan, melainkan narasi sistematis dari proses yang telah diuji di ruang kelas, diukur hasilnya, dan bisa direplikasi atau disesuaikan oleh guru lain. Menurut Zeichner & Liston (2014), guru reflektif akan mendokumentasikan pengalaman mengajarnya bukan untuk mengagungkan diri, tetapi sebagai bentuk kontribusi terhadap komunitas pembelajar profesional. Dengan dokumentasi yang tepat, inovasi guru dapat menjadi artefak pedagogik yang hidup. Dokumentasi dapat berbentuk narasi, laporan harian, video praktik mengajar, foto kegiatan, refleksi digital (blog, vlog), hingga publikasi sederhana di media sosial atau jurnal komunitas sekolah. Setiap bentuk dokumentasi ini harus dirancang tidak hanya sebagai rekam jejak, tetapi juga sebagai instrumen refleksi diri yang terstruktur. Guru SMK perlu memahami bahwa dokumentasi adalah proses membimbing kembali tindakan pedagogik secara sadar, menghubungkan antara perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi sebagai satu kesatuan reflektif.

Sebagai contoh, guru SMK bidang Agribisnis yang menerapkan proyek hidroponik berbasis STEAM dapat mendokumentasikan proses desain proyek, integrasi pengetahuan biologi, fisika, dan kewirausahaan, lalu menampilkan hasil akhirnya melalui portofolio siswa dan jurnal reflektif guru. Dokumentasi ini bukan hanya bukti hasil, tetapi juga ruang bagi guru untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan dan kontribusinya terhadap kompetensi siswa. Penelitian oleh Yin et al. (2021) menunjukkan bahwa dokumentasi praktik inovatif dapat meningkatkan kompetensi reflektif guru hingga 45% setelah enam bulan praktik konsisten.

Refleksi guru adalah jantung dari dokumentasi praktik baik. Refleksi tidak bersifat deskriptif semata, tetapi bersifat kritis dan konstruktif. Guru dituntut untuk menjawab pertanyaan mendalam seperti: “Apa yang berhasil dan mengapa?”, “Apa yang kurang optimal?”, dan “Apa yang akan saya ubah ke depan?” (Brookfield, 2017). Dengan refleksi seperti ini, dokumentasi tidak hanya menjadi portofolio, tetapi menjadi jendela pertumbuhan profesional yang nyata. Refleksi juga membuka ruang untuk kesadaran pedagogik yang lebih tinggi, seperti memahami bias, mengelola emosi mengajar, dan merancang intervensi berbasis kebutuhan siswa. Dalam konteks evaluasi mutu pembelajaran, dokumentasi dan refleksi menjadi bukti konkret implementasi Kurikulum Merdeka. Pada saat supervisi pembelajaran atau akreditasi, dokumen praktik baik guru akan menjadi sumber informasi valid yang menunjukkan bagaimana perencanaan, pelaksanaan, hingga asesmen dijalankan secara sinambung dan inovatif. Praktik ini selaras dengan Permendikbudristek No. 16 Tahun 2022 tentang Standar Proses, yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif guru dalam pembelajaran diferensiatif dan berbasis proyek.

Platform digital seperti Google Sites, Padlet, Wakelet, atau Microsoft OneNote Education dapat menjadi alat dokumentasi efektif. Dengan format digital, guru bisa menambahkan multimedia, catatan harian, penilaian kinerja siswa, dan kolaborasi antar guru. Selain memperkaya isi dokumentasi, penggunaan teknologi ini menumbuhkan budaya literasi digital guru. Di Finlandia, guru-guru vokasional telah lama menggunakan e-portfolio untuk refleksi pembelajaran dan pengembangan diri yang kemudian disinkronkan dengan pengembangan karier dan kenaikan jabatan (Sahlberg, 2020). Dokumentasi praktik baik juga menjadi sumber inspirasi untuk pengembangan

komunitas belajar guru. Di dalam forum MGMP atau PLC (Professional Learning Community), guru dapat mempresentasikan dokumentasi tersebut, mendapat umpan balik, atau bahkan menjadikannya bahan workshop pelatihan sejawat. Kegiatan ini memperkuat siklus belajar profesional, memperluas jejaring pedagogik, dan menumbuhkan ekosistem kolaboratif di antara guru lintas mata pelajaran.

Untuk menjamin kualitas dokumentasi, perlu disusun rubrik kualitas praktik baik yang mencakup aspek: perencanaan inovatif, pelibatan siswa, integrasi teknologi dan pedagogi, dampak terhadap hasil belajar, serta refleksi pengembangan diri guru. Rubrik ini tidak hanya digunakan untuk penilaian, tetapi juga sebagai panduan perencanaan dokumentasi sejak awal pembelajaran. Hal ini mendorong guru untuk berpikir strategis sejak awal tentang praktik apa yang layak didokumentasikan dan bagaimana mengemasnya dengan refleksi yang otentik. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Platform Merdeka Mengajar telah menyediakan fitur *laporan praktik baik* dan *konten inspiratif* yang dapat digunakan guru untuk membagikan pengalaman inovatif mereka. Fitur ini juga berfungsi sebagai pangkalan data praktik terbaik dari seluruh Indonesia, yang bisa dijadikan rujukan untuk kolaborasi, pengayaan materi, hingga inspirasi kebijakan pendidikan tingkat satuan pendidikan.

Penting dicatat bahwa dokumentasi bukan untuk membandingkan guru yang satu dengan yang lain, tetapi untuk membandingkan guru dengan dirinya sendiri dari waktu ke waktu. Dengan demikian, orientasi dokumentasi adalah progresi diri, bukan kompetisi. Semangat ini penting ditanamkan dalam pelatihan guru dan proses supervisi kepala sekolah agar praktik baik tidak menjadi tekanan administratif, melainkan ruang ekspresi profesional yang sehat dan mendorong inovasi.

## E. Strategi Perbaikan Berkelanjutan dan Aksi Korektif

Perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) bukanlah aktivitas satu kali, melainkan proses siklik yang menjadi bagian integral dari budaya mutu pendidikan. Dalam konteks implementasi STEAM dan TPACK di SMK, strategi perbaikan harus mengakar pada refleksi data, pengalaman guru, serta hasil asesmen siswa secara longitudinal. Prinsip ini sejalan dengan pendekatan *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) yang

telah lama digunakan dalam manajemen mutu pendidikan (Deming, 1993) dan diperkuat kembali dalam konteks sekolah abad 21 oleh Fullan (2020).

Salah satu titik awal perbaikan adalah analisis mendalam terhadap hasil monitoring dan evaluasi, baik berupa data kuantitatif (skor asesmen, kehadiran siswa, partisipasi dalam proyek) maupun data kualitatif (refleksi guru, umpan balik siswa, catatan pengamat). Data tersebut perlu diinterpretasikan bersama tim kurikulum dan kepala program keahlian untuk mengidentifikasi *root cause* dari kelemahan pembelajaran, bukan sekadar gejalanya.

Perbaikan efektif juga memerlukan aksi korektif yang berbasis bukti, bukan sekadar berdasarkan asumsi atau kebiasaan lama. Misalnya, jika ditemukan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran masih minim, maka bukan hanya disarankan pelatihan umum, melainkan coaching intensif berbasis kelas nyata dan pendampingan personal (Knight, 2018). Intervensi berbasis data ini memastikan solusi yang diberikan benar-benar menysasar kebutuhan nyata. Salah satu pendekatan yang semakin diadopsi dalam perbaikan pembelajaran adalah model *Lesson Study* dan *Learning Walks*. Kedua model ini menekankan kolaborasi guru dalam merancang, mengamati, dan merefleksikan praktik mengajar. *Lesson study*, khususnya, telah terbukti mendorong siklus perbaikan yang berkelanjutan dan meningkatkan kapasitas pedagogik guru secara kolektif (Lewis & Hurd, 2011).

Aksi korektif juga dapat difokuskan pada rekontekstualisasi proyek STEAM agar lebih relevan dengan profil siswa dan kebutuhan lokal. Dalam studi di Jepang dan Singapura, perbaikan desain proyek dilakukan dengan melibatkan alumni industri dan pengguna hasil karya siswa untuk memberi masukan langsung terhadap tugas proyek, menciptakan *loop feedback* yang konstruktif dan autentik (Tan & Chua, 2022). Secara kelembagaan, strategi perbaikan perlu difasilitasi oleh mekanisme audit mutu internal sekolah, baik melalui tim mutu (SPMI), komite kurikulum, maupun MGMP internal. Audit tidak hanya berfungsi sebagai kontrol, tetapi juga sebagai sarana dialog reflektif dan penyusunan roadmap inovasi pembelajaran yang realistis dan terukur dalam RKS dan RKJM.

Strategi korektif jangka menengah mencakup penguatan kompetensi guru melalui *Professional Learning Community* (PLC), pelatihan berbasis kebutuhan (*needs-based training*), dan peningkatan insentif bagi guru yang menjalankan proyek berbasis TPACK atau STEAM. Kajian oleh Darling-Hammond (2021) menegaskan bahwa perbaikan mutu guru paling efektif ketika didasarkan pada sistem dukungan berkelanjutan, bukan intervensi satu kali.

Guru juga perlu memiliki ruang untuk merancang ulang (*redesign*) praktik pembelajaran mereka, bukan hanya menyesuaikan. Redesign ini termasuk revisi modul ajar, pengembangan rubrik otentik, hingga penciptaan *micro-innovation* seperti integrasi IoT dalam proyek otomotif atau penggunaan coding dalam pembelajaran matematika. Upaya seperti ini dapat diperkuat oleh *innovation grant* atau dukungan dana BOS afirmasi berbasis kinerja. Strategi perbaikan juga harus menyentuh ranah mindset guru. Refleksi yang mendalam, kepemimpinan belajar, dan semangat belajar ulang (*relearning*) harus ditanamkan dalam komunitas guru. Sekolah dapat menyediakan waktu khusus mingguan untuk *co-reflection* atau sesi “Belajar dari Gagal” (*Learning from Failure*) yang difasilitasi dengan aman dan bebas stigma.

Tidak kalah penting adalah keterlibatan siswa dalam proses perbaikan. Melalui survei, diskusi kelompok terarah (*focus group discussion*), atau forum siswa, sekolah dapat memperoleh perspektif segar tentang bagaimana pembelajaran mereka dipersepsikan. Ini memperkuat pendekatan *student voice* dalam desain pembelajaran yang adaptif dan berkelanjutan (Cook-Sather, 2020). Dalam tataran sistem, strategi perbaikan dapat didukung dengan sistem pelaporan digital berbasis *dashboard* yang menyajikan metrik kinerja guru, hasil belajar siswa, serta progres proyek STEAM secara real time. Sistem ini membantu kepala sekolah mengambil keputusan berbasis data dan memantau pelaksanaan strategi korektif. Langkah korektif juga dapat dilakukan dengan menyusun *rubrik pelatihan reflektif*, yaitu alat bantu bagi guru untuk menilai sejauh mana mereka telah mengubah praktik mengajar berbasis pelatihan sebelumnya. Rubrik ini mendorong akuntabilitas sekaligus menyajikan jalur perbaikan individual yang dapat dipantau dalam jangka waktu tertentu.

Pelibatan pengawas sekolah dalam strategi perbaikan juga krusial. Pengawas perlu dilibatkan bukan sebagai penilai semata, tetapi sebagai mitra dialog dan fasilitator pembelajaran guru. Dalam banyak kasus, pengawas yang memahami konteks SMK dan kebutuhan literasi digital guru dapat menjadi akselerator perubahan positif. Dalam konteks ini, perbaikan berkelanjutan harus dipandang sebagai siklus dinamis dan bukan garis lurus. Ada fase naik-turun, penyesuaian, dan evaluasi ulang. Oleh karena itu, perencanaan strategi korektif harus mencakup indikator dampak jangka pendek, menengah, dan panjang, serta mekanisme *feedback loop* yang fleksibel dan terbuka.

Sekolah juga dapat menyusun *Sistem Kredit Internal* (SKI) sebagai bentuk rekognisi informal atas inovasi guru dalam pembelajaran berbasis TPACK/STEAM. SKI ini dapat diintegrasikan dalam sistem kenaikan pangkat internal, portofolio jabatan fungsional, atau insentif pelatihan lanjutan. Di tingkat komunitas, kemitraan dengan dunia usaha dan dunia industri (DUDI), kampus, dan komunitas teknologi dapat menjadi strategi korektif eksternal. Mereka dapat memberi input relevansi kurikulum, memberikan mentor proyek, atau menyediakan lokakarya coding dan prototipe produk. Strategi korektif juga melibatkan kepemimpinan kepala sekolah dalam menciptakan iklim inovatif dan suportif. Kepala sekolah perlu menjadi *learning leader*, bukan hanya administrator. Dalam banyak studi, perubahan signifikan dalam pembelajaran guru dimulai dari kepemimpinan yang visioner dan empatik (Leithwood et al., 2021).

Penerapan sistem *peer coaching* juga penting untuk menjaga semangat perbaikan. Guru senior dapat menjadi mentor bagi guru muda, dan sebaliknya guru muda dapat memberi masukan digital kepada guru senior. Relasi sejawat yang kuat menciptakan suasana belajar kolegal yang mendukung perbaikan jangka panjang. Akhirnya, strategi perbaikan berkelanjutan dan aksi korektif harus menjadi bagian dari *kebijakan sekolah berbasis data dan refleksi*. Bukan sekadar proyek sementara, tetapi visi bersama untuk tumbuh bersama. Sekolah yang sehat adalah sekolah yang terus belajar, memperbaiki diri, dan merayakan kemajuan, sekecil apa pun langkahnya.

## BAGIAN V

### INOVASI LAPANGAN DAN MASA DEPAN PENDIDIKAN VOKASI

## BAB 11

### STUDI KASUS GURU SMK INOVATIF

Setiap perubahan besar dimulai dari satu langkah kecil, dan setiap transformasi pendidikan tidak akan pernah lahir dari teori belaka, melainkan dari keberanian para guru untuk mencoba hal baru di tengah keterbatasan. Bab ini bukan tentang metode atau konsep semata, melainkan tentang manusia: para guru yang memilih bergerak melampaui zona nyaman, mendobrak sekat kompetensi lama, dan menyalakan api inovasi di ruang kelas mereka. Ini adalah kisah-kisah nyata, kisah tentang para pejuang pendidikan di SMK yang tidak hanya mengajar, tetapi mengilhami. Dalam bab ini, kita akan menjelajahi beragam studi kasus dari berbagai latar belakang program keahlian: mulai dari guru akuntansi yang belajar coding dari nol, guru desain yang membaurkan seni dan teknologi dalam proyek STEAM, hingga guru pariwisata yang mengemas TPACK dalam skenario belajar yang imersif. Di balik semua itu, satu hal yang mengikat mereka: tekad untuk menjadikan pembelajaran lebih relevan, menyenangkan, dan bermakna bagi siswa-siswinya.

Studi-studi kasus ini bukan sekadar cerita keberhasilan, tapi juga refleksi atas tantangan, kegagalan awal, dan proses belajar yang penuh lika-liku. Di setiap paragraf, kita akan menemukan pelajaran tentang bagaimana teknologi bisa menjadi jembatan, bukan jurang; tentang bagaimana kolaborasi lintas mapel dapat melahirkan ide-ide segar; dan tentang bagaimana pendidikan vokasi bisa menjadi wadah tumbuhnya kreativitas, bukan sekadar tempat pelatihan kerja. Dengan membaca bab ini, pembaca akan menemukan bahwa inovasi tidak selalu dimulai dari pelatihan bersertifikat atau perangkat canggih. Terkadang, ia tumbuh dari selembar ide di kertas buram, dari percakapan santai di ruang guru, atau dari dorongan batin saat melihat siswa kehilangan semangat. Semua kisah di sini menunjukkan bahwa dengan mindset pembelajar, setiap guru apapun latar belakangnya dapat menjadi agen perubahan pendidikan digital.

Bab ini juga menyajikan kumpulan portofolio guru, refleksi pengalaman mereka, hingga dokumentasi proyek-proyek otentik yang dihasilkan bersama siswa.

Semua ini bisa menjadi inspirasi sekaligus blueprint nyata untuk guru lain yang ingin memulai perjalanan serupa. Dengan kata lain, Bab 11 adalah cermin dari semangat "jika mereka bisa, saya pun bisa". Selamat menyelami perjalanan para guru SMK yang luar biasa. Biarkan kisah-kisah ini menjadi api kecil yang menyulut kobaran inovasi di ruang kelas Anda.

#### A. Kisah Transformasi Guru Non-TIK Menerapkan Coding

Di tengah derasnya arus digitalisasi pendidikan, peran guru bukan hanya sebagai penyampai materi, melainkan sebagai fasilitator pembelajaran yang adaptif dan inspiratif. Namun bagaimana jika guru tersebut berasal dari latar belakang non teknologi informasi dan komputer (non-TIK)? Studi kasus ini mengisahkan perjalanan transformatif seorang guru Bahasa Indonesia di SMK Swasta di Bogor yang berhasil menerapkan coding dalam pembelajaran berbasis proyek.

Guru tersebut, yang sebelumnya mengaku hanya mengenal komputer sebatas Microsoft Word, memulai perjalanannya melalui pelatihan daring singkat tentang coding visual menggunakan Scratch dan Blockly. Tanpa dasar pemrograman, ia semula merasa skeptis. Namun pendekatan pembelajaran berbasis blok yang intuitif dan berbasis visual ternyata memudahkan pemahaman. Pelatihan berbasis *microlearning* berdurasi 10–15 menit per topik menjadi titik tolak perubahan besar dalam mindset dan keterampilan. Dari pelatihan sederhana itu, sang guru mulai menyisipkan elemen logika pemrograman ke dalam proyek menulis cerpen. Siswa diminta menulis alur cerita, lalu mengimplementasikannya menjadi animasi sederhana menggunakan Scratch. Hasilnya mengejutkan tidak hanya meningkatnya motivasi belajar siswa, tetapi juga lahirnya produk kreatif yang sebelumnya tidak pernah terbayangkan dalam pelajaran Bahasa Indonesia.

Transformasi ini sejalan dengan pendekatan *constructivist learning*, di mana pembelajaran dikembangkan berdasarkan konstruksi makna dari pengalaman langsung (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978). Coding bukan sekadar alat, tapi menjadi bahasa baru untuk menuangkan imajinasi dan logika siswa secara nyata. Ketika narasi bertemu dengan algoritma, siswa mengalami pembelajaran lintas domain yang autentik.

Dalam implementasinya, guru ini juga memanfaatkan *storyboard* sebagai jembatan antara naskah cerita dan skenario coding. Ini menunjukkan pentingnya *scaffolding pedagogis* (Wood et al., 1976) dalam transisi guru dan siswa dari zona nyaman menuju wilayah keterampilan baru. Setiap langkah dibimbing, dan siswa diberi ruang untuk bereksperimen. Yang menarik, keberhasilan ini kemudian menginspirasi guru lain dalam MGMP sekolah tersebut. Secara kolaboratif, mereka membentuk komunitas kecil bernama “Seni & Sintaks” yang mengintegrasikan aspek seni bahasa, desain, dan logika digital. Komunitas ini menjadi wahana diskusi, berbagi tutorial, serta merancang pembelajaran berbasis proyek secara lintas mapel.

Penelitian oleh Chang et al. (2022) menunjukkan bahwa dukungan komunitas pembelajaran guru memiliki korelasi positif terhadap peningkatan kompetensi teknologi dan inovasi pengajaran. Dalam studi ini, transformasi tidak hanya terjadi pada individu, tapi juga pada ekosistem pembelajaran di sekolah. Dari satu guru, menjadi banyak guru, dari satu mapel, menjadi lintas disiplin. Secara reflektif, guru tersebut mengakui bahwa proses belajar coding tidak hanya memperluas kompetensinya, tetapi juga mengubah cara pandangnya tentang pengajaran. Ia menyadari bahwa dunia siswa hari ini penuh dengan digitalisasi, dan tugas guru bukan menyaingi teknologi, tapi menjadikannya jembatan pedagogik yang memperkuat pemahaman.

Dalam proses ini, hambatan pun tak luput terjadi. Keterbatasan perangkat, koneksi internet, hingga resistensi siswa yang belum terbiasa dengan pendekatan coding sempat menjadi tantangan. Namun dengan *design thinking*, guru mampu merespons masalah dengan fleksibilitas. Ia bahkan membolehkan siswa membuat prototipe animasi secara manual di kertas sebelum diterjemahkan ke coding visual. Transformasi ini juga menunjukkan prinsip *teacher agency* (Biesta et al., 2015), di mana guru secara aktif membentuk kembali praktik dan identitas profesionalnya melalui interaksi dengan konteks belajar dan kebutuhan siswa. Coding menjadi medium untuk merespons tantangan zaman, bukan beban tambahan kurikulum.

Dari sisi siswa, partisipasi dalam proyek berbasis coding meningkatkan pemahaman naratif, logika berpikir, serta keterampilan presentasi. Ketika siswa diminta mempresentasikan animasi hasil koding cerpennya, mereka belajar merangkai argumen,

menjelaskan ide, dan bekerja secara tim. Semua ini mengarah pada keterampilan *21st century competencies*: komunikasi, kolaborasi, berpikir kritis, dan kreativitas. Dalam aspek evaluasi, guru mulai menerapkan *rubrik asesmen kinerja* yang menilai keterampilan pemrograman sederhana, kekuatan narasi, serta kerja sama tim. Ini memperkuat praktik asesmen otentik yang menyatu dengan proses belajar, bukan hanya hasil akhir. Dukungan dari kepala sekolah menjadi kunci keberlanjutan. Setelah melihat dampaknya, sekolah mengalokasikan dana BOS untuk pelatihan lanjutan, pengadaan tablet sederhana, dan platform daring yang ramah coding. Ini menunjukkan pentingnya kepemimpinan instruksional dalam menumbuhkan iklim inovatif di sekolah. Secara sistemik, kisah ini dapat direplikasi dalam program pelatihan guru berbasis *lesson study* atau *peer mentoring*, di mana guru saling mengamati dan merefleksikan praktik pengajaran berbasis coding. Tidak hanya belajar dari pakar, tetapi belajar dari sesama dalam konteks yang relevan.

Bagi guru-guru lain yang ingin memulai, studi ini menawarkan pelajaran penting: jangan menunggu menjadi ahli untuk mencoba. Coding tidak harus dimulai dari Java atau Python. Scratch dan Blockly sudah cukup kuat untuk memantik literasi logika, kreativitas, dan pemecahan masalah pada level dasar. Transformasi guru non-TIK ini tidak hanya soal teknologi, tetapi juga tentang keberanian dan kesediaan untuk terus belajar. Ia menjadi contoh nyata bahwa guru yang terus belajar akan selalu relevan karena sejatinya, mengajar adalah profesi yang menuntut keabadian dalam belajar.

## **B. Inovasi Pembelajaran STEAM di SMK Desain Komunikasi Visual**

Dalam konteks pendidikan vokasi, khususnya di jurusan Desain Komunikasi Visual (DKV), integrasi pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) membuka dimensi baru pembelajaran yang tidak hanya estetis namun juga fungsional dan kontekstual. Subbab ini mengurai kisah dan praktik inovatif yang dilakukan oleh guru-guru SMK DKV dalam mentransformasi ruang kelas menjadi laboratorium ide, kolaborasi, dan eksplorasi teknologi kreatif. Salah satu inovasi penting yang dilakukan di SMK DKV adalah pengembangan proyek desain berbasis microcontroller dan sensor, di mana siswa tidak hanya merancang poster atau kemasan produk secara visual, tetapi juga mengintegrasikan elemen interaktif seperti sensor

gerak, pencahayaan dinamis, dan audio responsif. Ini menuntut pemahaman lintas disiplin, yang menjadi inti dari pendekatan STEAM.

Sebagai contoh, pada proyek "Poster Cerdas Anti Perundungan", siswa mendesain poster digital yang dilengkapi dengan sensor suara. Ketika seseorang mengucapkan kata-kata kasar, sistem akan memunculkan pesan edukatif dan perubahan visual yang menegur perilaku negatif. Proyek ini memadukan seni desain grafis (Arts), logika pemrograman (Technology), pemrosesan sinyal (Engineering), serta analisis linguistik dasar (Science). Implementasi ini berjalan beriringan dengan filosofi konstruktivisme (Bruner, 1960) di mana siswa membangun pengetahuan melalui pengalaman nyata dan keterlibatan langsung. Guru bertindak sebagai fasilitator, bukan instruktur satu arah. Mereka merancang pembelajaran dengan pendekatan proyek, studi kasus, dan tantangan terbuka yang menstimulasi pemikiran kritis dan kreatif.

Inovasi lain datang dari penggunaan augmented reality (AR) dalam materi sejarah desain. Siswa membuat karya cetak yang jika dipindai melalui aplikasi tertentu akan menampilkan animasi 3D sejarah tipografi atau evolusi logo. Ini adalah bentuk integrasi teknologi dalam medium seni tradisional, menunjukkan bagaimana batas antara teknologi dan kreativitas semakin kabur. Guru-guru DKV juga mulai mengintegrasikan pembelajaran coding dasar untuk mendukung kemampuan visualisasi dan animasi digital siswa. Beberapa menggunakan Processing (bahasa pemrograman berbasis Java untuk seni visual), sementara yang lain mengenalkan Unity untuk membuat simulasi interaktif. Meskipun tidak semua guru berasal dari latar belakang IT, pendekatan komunitas belajar dan pelatihan berjenjang menjadi kunci keberhasilan.

Dalam proses ini, muncul pula kolaborasi lintas program keahlian. Misalnya, siswa DKV bekerja sama dengan siswa RPL (Rekayasa Perangkat Lunak) untuk menciptakan kampanye digital interaktif tentang lingkungan sekolah. Siswa DKV bertugas di bagian konten visual dan desain UI/UX, sedangkan siswa RPL bertanggung jawab pada backend dan pemrograman. Refleksi dari guru menunjukkan bahwa pendekatan STEAM meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan. Siswa merasa bahwa pelajaran menjadi lebih hidup, bermakna, dan kontekstual. Mereka tidak hanya mengerjakan tugas, tetapi menciptakan solusi, produk, dan bahkan prototipe inovatif. Hal ini mendukung

teori Self-Determination (Deci & Ryan, 2000), yang menyatakan bahwa keterlibatan meningkat ketika siswa merasa otonomi, kompetensi, dan keterkaitan terpenuhi.

Penerapan STEAM di DKV juga menunjukkan bahwa seni bukan sekadar ornamen, tetapi pengungkit utama inovasi. Melalui pendekatan desain thinking, guru melatih siswa untuk mengidentifikasi masalah pengguna, membuat solusi kreatif, melakukan iterasi, dan mempresentasikannya dengan narasi yang kuat. Proses ini tidak hanya menumbuhkan estetika, tapi juga empati dan daya pikir sistemik. Evaluasi terhadap proyek-proyek ini menggunakan rubrik autentik yang menilai proses dan produk secara bersamaan. Aspek yang dinilai mencakup orisinalitas ide, integrasi teknologi, keberfungsian prototipe, serta kualitas komunikasi visual. Dengan pendekatan ini, guru tidak sekadar menilai hasil akhir, tapi juga menilai proses belajar sebagai bagian dari pembentukan karakter dan kompetensi.

Beberapa tantangan muncul, seperti ketersediaan alat, waktu yang terbatas, dan kebutuhan pelatihan lanjutan. Namun sekolah mengadopsi pendekatan bertahap, memulai dengan proyek sederhana dan memperkuat melalui komunitas belajar internal. Pendekatan blended training antara daring dan tatap muka juga dimanfaatkan untuk mengatasi keterbatasan. Dukungan kepala sekolah, penyediaan dana BOS untuk perangkat microcontroller sederhana, dan kemitraan dengan komunitas teknologi kreatif menjadi faktor pendorong keberhasilan. Beberapa guru bahkan mempresentasikan hasil inovasi mereka dalam konferensi pendidikan vokasi nasional, menunjukkan pengakuan terhadap pendekatan lintas-disiplin di ranah SMK.

Kisah dari SMK DKV ini menegaskan bahwa integrasi STEAM bukan hanya mungkin di jurusan sains atau teknologi, tetapi juga sangat relevan di bidang seni dan komunikasi visual. Bahkan, seni menjadi pintu masuk alami bagi eksplorasi teknologi secara kreatif dan humanistik. Studi ini menggarisbawahi pentingnya visi guru, budaya sekolah yang mendukung, serta kebijakan yang memungkinkan keberanian mencoba hal baru. Ketika semua unsur tersebut bersinergi, lahirlah inovasi pendidikan yang berdampak nyata bagi siswa. Inovasi pembelajaran STEAM di DKV adalah model yang bisa direplikasi dan dikontekstualisasikan di SMK lain. Dengan penyesuaian sesuai

kebutuhan lokal dan potensi siswa, pendekatan ini mampu mendorong transformasi besar dalam praktik pembelajaran vokasional di abad ke-21.

### C. Praktik Baik Penerapan TPACK di SMK Pariwisata dan Bisnis Manajemen

Dalam dunia pendidikan vokasi yang menuntut keterampilan praktis dan layanan prima, penerapan kerangka Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) menjadi sangat vital di SMK bidang pariwisata dan bisnis manajemen. Model TPACK memungkinkan guru untuk mengintegrasikan teknologi secara bermakna dalam pengajaran konten kejuruan seperti layanan perhotelan, manajemen perjalanan, hingga administrasi perkantoran. Kombinasi antara konten keahlian, strategi pedagogis, dan pemanfaatan teknologi membuat pembelajaran lebih kontekstual dan adaptif terhadap dunia kerja digital. Guru SMK Pariwisata yang menerapkan TPACK mampu menyulap pembelajaran layanan kamar menjadi simulasi digital menggunakan perangkat lunak hotel front-office. Penguasaan *Pedagogical Knowledge (PK)* memungkinkan mereka memilih metode roleplay dan studi kasus, sementara *Technological Knowledge (TK)* dimanfaatkan dengan menggunakan aplikasi simulasi check-in hotel virtual seperti "eZee FrontDesk" atau LMS khusus hospitality. Sementara itu, *Content Knowledge (CK)* mendalam tentang SOP pelayanan dan etika kerja tetap menjadi fondasi.

Studi oleh Okojie & Olinzock (2023) mencatat bahwa implementasi TPACK di sekolah kejuruan secara signifikan meningkatkan keterlibatan siswa dan kesiapan kerja. Di SMK Bisnis Manajemen, misalnya, guru akuntansi memanfaatkan Google Sheets dengan fitur makro sederhana untuk mengajarkan pembukuan digital. Pendekatan ini mendorong siswa memahami prosedur akuntansi sekaligus berpikir digital. Penguatan TPACK dalam bidang administrasi perkantoran terlihat dalam penggunaan platform seperti Microsoft Forms, Trello, dan Google Calendar yang dimanfaatkan sebagai media pembelajaran manajemen dokumen dan pengelolaan jadwal kegiatan. Guru tidak hanya mengajarkan teori, tetapi juga mendorong siswa mempraktikkan langsung keterampilan

tersebut dalam proyek berbasis layanan nyata di sekolah, seperti mengelola kegiatan sekolah, menyusun laporan acara, atau membuat SOP kegiatan.

Salah satu praktik baik di SMK Pariwisata di Bali menunjukkan bagaimana guru mata pelajaran Tata Hidang mengembangkan media ajar berbasis video interaktif untuk demonstrasi table manner. Teknologi video, ditambah kuis berbasis *interactive branching*, menjadikan pembelajaran tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi mendorong siswa mengambil keputusan layaknya profesional restoran. Refleksi guru dalam implementasi TPACK menunjukkan bahwa kolaborasi antarguru sangat penting. Di SMK Bisnis Manajemen Jakarta, guru komputer dan guru keuangan bersama-sama merancang modul pembelajaran digital berbasis aplikasi kasir POS (*Point of Sales*). Pendekatan ini tidak hanya memperkuat dimensi pedagogi dan teknologi, tetapi juga menjadi ruang pembelajaran bagi guru untuk saling berbagi praktik terbaik. Beberapa tantangan yang muncul dalam penerapan TPACK di SMK kejuruan adalah keterbatasan infrastruktur dan literasi digital guru. Namun, sekolah yang berhasil mengembangkan *community of practice* di antara gurunya, seperti MGMP internal atau sesi *peer coaching*, mampu menumbuhkan budaya belajar yang mendukung transformasi digital secara bertahap dan berkelanjutan.

Penerapan TPACK juga didorong oleh kebijakan kepala sekolah yang memberi ruang inovasi. Di SMK Pariwisata Yogyakarta, guru diberi insentif jika mengembangkan RPP berbasis TPACK dan berbagi hasil praktiknya di platform guru. Hal ini menciptakan motivasi dan menjadikan inovasi bukan beban, melainkan kebanggaan. Pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) menjadi strategi pedagogis unggulan dalam TPACK. Misalnya, siswa jurusan manajemen perjalanan diminta membuat itinerary digital menggunakan Canva dan Google My Maps, lalu mempresentasikannya secara daring. Ini memadukan konten keahlian (penyusunan paket wisata), pedagogi (presentasi kolaboratif), dan teknologi (platform digital).

Instrumen penilaian pun disesuaikan dengan pendekatan TPACK. Guru menggunakan rubrik digital dalam Google Classroom yang mengevaluasi keterampilan konten, kolaborasi, dan penggunaan teknologi dalam setiap tugas. Penilaian tidak lagi hanya hasil akhir, tetapi juga proses dan cara berpikir digital siswa. Portofolio digital

menjadi dokumen penting. Siswa menyimpan semua produk proyek mereka dalam folder berbasis cloud, termasuk video pelayanan, dokumen laporan, hingga rekaman presentasi. Ini memperkuat dimensi *assessment as learning* yang relevan dengan dunia kerja digital. Penerapan TPACK juga membuka peluang integrasi antar mata pelajaran. Misalnya, dalam proyek membuat simulasi resepsi pernikahan, siswa dari jurusan pariwisata, keuangan, dan komunikasi diajak bekerja sama. Guru dari tiga bidang keahlian membimbing proyek ini dengan masing-masing kontribusi kontennya, dan teknologi sebagai penghubung eksekusinya.

Pelatihan guru menjadi kunci keberhasilan implementasi TPACK. Di SMK Bisnis di Semarang, guru diberikan pelatihan modular TPACK dengan pendekatan *blended learning*. Mereka belajar melalui LMS, sesi *coaching* mingguan, dan observasi kelas. Ini membentuk siklus pembelajaran profesional yang berkelanjutan. Penelitian oleh Lee & Tsai (2022) menunjukkan bahwa guru yang menguasai TPACK cenderung lebih percaya diri dan kreatif dalam mengadaptasi pengajaran di era digital. Temuan ini sejalan dengan wawancara mendalam guru SMK yang merasa lebih siap menghadapi generasi Z setelah mengintegrasikan TPACK dalam praktik sehari-hari. Secara institusional, dukungan implementasi TPACK bisa datang dari penyesuaian kurikulum sekolah dengan *Kurikulum Merdeka*. Integrasi proyek penguatan profil pelajar Pancasila (P5) menjadi lahan subur implementasi TPACK, karena memberi ruang bagi penggabungan konten lintas disiplin, strategi pedagogis aktif, dan teknologi berbasis proyek.

Dampak implementasi TPACK terasa dalam peningkatan literasi digital siswa, kreativitas, dan kemampuan menyelesaikan masalah secara mandiri. Hasil asesmen nasional dan survei internal sekolah menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa secara signifikan, khususnya pada aspek kompetensi nonkognitif seperti kolaborasi dan komunikasi. Terakhir, praktik baik ini seharusnya terdokumentasi dalam bentuk *e-portfolio* guru. Di beberapa sekolah, guru menyusun *portofolio* digital berisi perencanaan, pelaksanaan, refleksi, dan hasil proyek siswa sebagai bukti praktik baik implementasi TPACK. Ini tidak hanya memperkuat pengembangan profesional, tetapi juga membuka peluang sertifikasi atau rekognisi inovasi guru secara nasional. Transformasi pembelajaran berbasis TPACK di SMK Pariwisata dan Bisnis Manajemen menunjukkan bahwa dengan pendekatan terstruktur, kolaboratif, dan didukung

kepemimpinan sekolah, inovasi bukan hanya mungkin, tetapi sangat mungkin direalisasikan.

#### D. Proyek Interdisiplin: Daur Ulang + Mikrokontroler

Proyek interdisiplin yang menggabungkan isu lingkungan dan teknologi digital bukan hanya sebuah inovasi pendidikan, tetapi juga representasi dari kebutuhan abad ke-21 untuk memecahkan masalah kompleks secara kreatif dan kolaboratif. Salah satu pendekatan yang kian menarik perhatian di SMK adalah penggabungan antara praktik daur ulang (*recycling*) dengan pemrograman mikrokontroler seperti Arduino. Kombinasi ini bukan hanya mempertemukan sains dan teknologi, melainkan juga etika lingkungan, kewirausahaan, dan rekayasa sosial. Daur ulang adalah kegiatan yang sangat kontekstual dengan kehidupan siswa, khususnya di sekolah yang berlokasi di lingkungan padat atau dekat industri. Ketika siswa melihat limbah plastik, kardus, atau botol berserakan, mereka tak hanya diajak untuk mengeluh atau membersihkan, melainkan mengubahnya menjadi peluang belajar. Pendekatan *problem-based learning* (PBL) yang memanfaatkan masalah nyata ini terbukti meningkatkan motivasi belajar dan retensi konsep ilmiah serta teknologis.

Di sisi lain, mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, atau bahkan Raspberry Pi, adalah perangkat *open-source* yang memungkinkan siswa menciptakan alat otomatisasi sederhana. Misalnya, sensor suhu, sensor kelembaban, atau detektor gerak bisa dirancang dan dipasang pada wadah sampah pintar hasil daur ulang yang mampu berbunyi otomatis ketika penuh. Dengan demikian, siswa belajar konsep elektronika, logika pemrograman, dan literasi digital sekaligus. Penelitian oleh Sa'diyah et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi mikrokontroler dalam proyek berbasis lingkungan di SMK Teknik Elektro mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21, khususnya kolaborasi dan berpikir kritis. Siswa tidak hanya menggunakan teknologi, tetapi belajar menghubungkannya dengan persoalan sosial-ekologis. Mereka juga lebih mampu berkomunikasi secara teknis dan mempresentasikan gagasannya di hadapan publik atau mitra industri.

Proyek daur ulang mikrokontroler juga menumbuhkan nilai-nilai karakter seperti tanggung jawab sosial, kerja sama, dan kepemimpinan. Dalam banyak kasus, siswa yang

memimpin proyek ini adalah mereka yang tidak selalu unggul secara akademik, tetapi memiliki ketekunan, ide kreatif, atau keterampilan praktis. Hal ini menunjukkan bahwa proyek interdisiplin memberikan ruang bagi diferensiasi keberhasilan siswa. Model interdisipliner ini juga mendorong kolaborasi antarguru lintas mapel. Di SMK bidang agribisnis, misalnya, guru IPA bekerja sama dengan guru produktif untuk mengajarkan sensor kelembaban tanah dari limbah bekas pipa PVC yang dihubungkan ke Arduino. Guru matematika turut terlibat dalam pengolahan data dari sensor, sedangkan guru bahasa Indonesia membimbing siswa menulis laporan proyek. Inilah perwujudan pembelajaran holistik.

Dari sisi pedagogik, proyek ini mengaktifkan semua elemen TPACK: *Technological Knowledge* lewat mikrokontroler, *Pedagogical Knowledge* melalui strategi PBL dan kolaborasi, serta *Content Knowledge* dari berbagai disiplin. Proyek ini juga berpotensi untuk menjadi bagian dari P5 (Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila) karena mendukung elemen gotong royong, kemandirian, dan kebhinekaan global. Salah satu studi kasus menarik datang dari SMK di Bandung yang membuat “tong sampah pintar” dari limbah ember bekas dan kardus, dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan buzzer dari Arduino. Saat tong hampir penuh, alat tersebut mengeluarkan bunyi. Proyek ini bahkan dipresentasikan di expo inovasi tingkat kabupaten dan mendapat sambutan dari mitra industri daur ulang.

Dalam pengembangan proyek, guru juga membimbing siswa menyusun *design thinking*: mulai dari empati terhadap masalah lingkungan sekolah, mendefinisikan masalah, mengembangkan ide, membuat prototipe, hingga melakukan evaluasi. Pendekatan ini tak hanya menumbuhkan kreativitas, tetapi juga nalar kritis dan iteratif karakter khas inovator masa depan. Kompleksitas proyek ini mendorong munculnya pembelajaran berbasis tim. Beberapa siswa fokus di coding dan instalasi perangkat, lainnya di desain ulang barang bekas, sementara kelompok lain bertugas mendokumentasi dan menyiapkan laporan proyek. Peran-peran ini membuat pembelajaran terasa seperti simulasi dunia kerja nyata, penuh kolaborasi dan pembagian tugas yang seimbang.

Dari sisi asesmen, guru dapat menggunakan rubrik berbasis proses dan produk. Penilaian tak hanya dari fungsi alat, tetapi juga kerjasama tim, kreativitas desain, keterampilan komunikasi saat presentasi, serta refleksi siswa terhadap proses belajarnya. Ini membuat asesmen lebih autentik dan mengukur kompetensi holistik. Proyek ini sangat cocok disisipkan dalam kegiatan ekstrakurikuler kewirausahaan atau teknik. Siswa diajak memikirkan bagaimana produk hasil daur ulang dan otomatisasi ini dapat dimodifikasi untuk dijual atau digunakan masyarakat. Dengan sentuhan inovasi sederhana, proyek ini dapat menjadi produk unggulan sekolah yang relevan secara sosial dan bernilai ekonomis. Guru juga belajar banyak dari proyek ini. Banyak guru non TIK yang awalnya takut pada teknologi ternyata menjadi lebih percaya diri karena dibimbing melalui workshop modular, peer coaching, dan dokumentasi tutorial digital. Mereka menjadi pembelajar sejati bersama siswanya dan menumbuhkan budaya inovasi di sekolah. Beberapa tantangan seperti keterbatasan alat, listrik, atau jaringan tetap ada, namun justru menjadi bagian dari pembelajaran resilien. Siswa belajar bagaimana beradaptasi dengan kondisi nyata, mencari alternatif bahan, dan menyederhanakan desain agar tetap fungsional. Proyek ini menjadi laboratorium nyata pendidikan kontekstual.

Pengintegrasian proyek ini dengan Kurikulum Merdeka sangat mungkin dilakukan, terutama di fase E dan F (kelas XI dan XII) melalui proyek lintas mata pelajaran. Dengan kolaborasi guru dan manajemen sekolah, proyek dapat diintegrasikan ke dalam modul ajar atau RPP sebagai bagian dari pembelajaran berdiferensiasi. Keterlibatan pihak eksternal seperti DUDI, LSM lingkungan, atau alumni dapat memperkuat makna proyek. Misalnya, pihak industri dapat menjadi mentor teknis, LSM membantu validasi dampak lingkungan, dan alumni menjadi sponsor atau juri saat expo inovasi sekolah. Inilah jejaring belajar yang hidup dan bermakna. Dokumentasi hasil proyek dalam bentuk video, portofolio digital, dan publikasi di media sosial sekolah dapat menjadi bagian dari branding sekolah. Siswa bangga karena hasil kerjanya dilihat publik, dan orang tua serta masyarakat melihat sekolah bukan hanya sebagai tempat belajar, tetapi tempat mencetak inovator masa depan. Pada akhirnya, proyek interdisiplin seperti daur ulang + mikrokontroler bukan sekadar tugas sekolah, melainkan pengalaman pendidikan yang mendalam, membumi, dan memberdayakan. Ia menjadi simbol

bagaimana SMK bisa menjadi agen perubahan sosial melalui teknologi yang bersahaja namun berdampak besar.

### **E. Dampak Langsung terhadap Motivasi dan Produktivitas Siswa**

Motivasi belajar dan produktivitas siswa merupakan dua indikator krusial dalam menilai keberhasilan pendekatan pembelajaran inovatif seperti STEAM, TPACK, dan koding. Pendekatan ini bukan hanya bertujuan menyampaikan konten, melainkan membangun rasa ingin tahu, keterlibatan aktif, dan kemampuan menghasilkan karya nyata dari proses pembelajaran. Pada konteks SMK, keberhasilan metode ini terlihat langsung dari transformasi sikap siswa terhadap belajar dan meningkatnya hasil kerja konkret yang mereka capai.

Salah satu dampak utama dari pendekatan STEAM dan TPACK adalah munculnya rasa memiliki terhadap proses belajar. Ketika siswa diikutsertakan dalam merancang proyek, memilih teknologi, dan mempresentasikan karya mereka, motivasi intrinsik cenderung meningkat. Mereka tidak lagi merasa bahwa sekolah adalah tempat "menerima" ilmu, tetapi menjadi "laboratorium aksi" tempat mereka berdaya dan berkreasi. Penelitian oleh Sudrajat & Wahyuni (2022) menemukan bahwa penggunaan proyek berbasis mikrokontroler dalam pelajaran produktif di SMK meningkatkan skor motivasi siswa secara signifikan, terutama dalam indikator antusiasme, persistensi, dan orientasi tujuan. Hal ini terjadi karena siswa merasa tugas mereka relevan dengan kehidupan nyata dan industri masa depan.

Dalam pembelajaran berbasis TPACK, di mana guru menyelaraskan teknologi, pedagogi, dan konten secara harmonis, siswa mengalami pembelajaran yang kontekstual dan dinamis. Mereka tidak hanya mendengar penjelasan, tetapi melihat, mempraktikkan, dan menciptakan. Ini membuat proses belajar tidak lagi linier, tetapi eksploratif dan berbasis pengalaman langsung faktor penting dalam membangkitkan motivasi belajar jangka panjang. Produktivitas siswa dapat diamati dari meningkatnya jumlah dan kualitas karya proyek, baik dalam bentuk produk fisik, laporan tertulis, maupun presentasi digital. Ketika siswa diberi kebebasan untuk memecahkan masalah nyata dan memilih solusi berbasis teknologi, mereka menjadi lebih fokus dan tekun dalam

mengerjakan tugas. Ini juga ditunjukkan oleh meningkatnya kehadiran, ketepatan waktu tugas, dan partisipasi dalam diskusi kelas.

Integrasi koding visual seperti Scratch, Blockly, atau Python dasar dalam mata pelajaran non-TIK memberi pengalaman baru yang menantang namun menyenangkan bagi siswa. Mereka tidak hanya belajar logika pemrograman, tetapi juga melatih kesabaran, berpikir sistematis, dan mencari solusi ketika terjadi bug. Aktivitas ini memperkuat karakter tangguh dan tekun yang relevan dengan dunia kerja. Beberapa guru melaporkan bahwa siswa yang sebelumnya pasif di kelas, ketika terlibat dalam proyek berbasis teknologi, justru menunjukkan potensi kepemimpinan dan kreativitas yang menonjol. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran inovatif membuka ruang ekspresi yang lebih inklusif dan menjangkau beragam gaya belajar siswa.

Khusus di SMK, pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan teknologi dan desain interdisipliner memperkuat keterampilan vokasional siswa. Mereka tidak hanya memahami teori, tetapi juga menguasai praktik dan dokumentasi kerja—dua komponen penting dalam dunia industri. Produktivitas dalam konteks ini berarti kemampuan menghasilkan karya yang bernilai dan siap diuji dalam kompetisi, expo, atau sertifikasi. Motivasi juga meningkat saat siswa menyadari bahwa keterampilan mereka berdaya saing. Ketika proyek mereka ditampilkan di media sosial sekolah, atau dilihat oleh mitra industri, rasa bangga dan kepercayaan diri tumbuh secara alami. Ini menciptakan siklus motivasi positif, di mana keberhasilan kecil mendorong ambisi untuk mencoba tantangan yang lebih besar.

Dampak terhadap produktivitas tidak hanya bersifat kuantitatif, tetapi juga kualitatif. Guru melaporkan peningkatan kualitas penulisan laporan proyek, kedalaman analisis dalam refleksi siswa, dan kemampuan menyampaikan argumen secara logis saat presentasi. Hal ini menunjukkan bahwa siswa tidak sekadar aktif, tetapi juga berkembang dalam kapasitas berpikir tingkat tinggi. Dalam konteks pembelajaran berbasis STEAM, motivasi tumbuh dari pendekatan interdisipliner yang memadukan seni, sains, teknologi, dan konteks lokal. Siswa merasa tidak terjebak dalam sekat mata pelajaran, melainkan

diajak berpikir lintas batas. Ini relevan dengan karakter Generasi Z yang menghargai koneksi, fleksibilitas, dan nilai-nilai sosial dalam proses belajar.

Data lapangan di beberapa SMK penerap Kurikulum Merdeka menunjukkan bahwa kelas yang menggunakan pendekatan STEAM-TPACK-koding memiliki tingkat retensi konsep lebih tinggi dan hasil belajar yang meningkat. Hal ini diperkuat oleh pengamatan guru, wawancara siswa, dan instrumen asesmen diagnostik yang menunjukkan lonjakan skor setelah proyek dilaksanakan. Motivasi juga dipengaruhi oleh peran guru yang berubah dari "pemberi instruksi" menjadi "fasilitator eksplorasi". Guru yang memberikan ruang dialog, umpan balik konstruktif, dan toleransi terhadap kegagalan mendorong siswa lebih berani bereksperimen dan mengambil risiko intelektual sebuah komponen penting dalam pembelajaran yang transformatif.

Keterlibatan siswa dalam perencanaan dan evaluasi proyek juga menjadi faktor kunci motivasi. Ketika mereka diberi pilihan, diberi kepercayaan, dan dilibatkan dalam refleksi kolektif, mereka merasa dihargai sebagai individu pembelajar. Ini memperkuat keterikatan emosional dan tanggung jawab terhadap hasil belajarnya. Pembelajaran seperti ini juga membangun budaya belajar yang partisipatif. Siswa saling membantu dalam tim proyek, mendiskusikan ide di luar jam pelajaran, bahkan memulai komunitas belajar kecil berbasis minat teknologi. Budaya seperti ini memperpanjang efek belajar melampaui ruang kelas dan waktu sekolah.

Motivasi belajar di SMK juga dipengaruhi oleh peluang keterhubungan dengan dunia nyata. Ketika siswa melihat bahwa proyek mereka memiliki dampak sosial atau potensi ekonomi, mereka menjadi lebih termotivasi. Proyek daur ulang mikrokontroler, pembuatan aplikasi layanan sekolah, atau pemantauan suhu ruang kelas berbasis IoT adalah contoh proyek yang membangkitkan semangat. Namun demikian, penting diingat bahwa tidak semua siswa langsung merespons dengan antusias. Oleh karena itu, guru perlu melakukan pendekatan diferensiasi dan scaffolding, memberi tantangan yang sesuai dengan level kesiapan siswa. Dengan demikian, setiap siswa memiliki pengalaman sukses dan merasa berdaya dalam belajar.

Secara keseluruhan, pendekatan integratif STEAM TPACK koding membentuk ekosistem belajar yang menghidupkan kembali semangat siswa SMK. Mereka menjadi

tidak hanya produktif dalam menghasilkan karya, tetapi juga termotivasi untuk belajar, tumbuh, dan berkontribusi. Inilah esensi pendidikan vokasi yang bermakna mengubah siswa dari penerima pengetahuan menjadi pencipta masa depan.

## F. Kumpulan Portofolio Guru dalam Praktik STEAM TPACK Koding

Portofolio guru adalah dokumen hidup yang merekam jejak profesionalisme, refleksi pembelajaran, dan bukti praktik inovatif. Dalam konteks integrasi STEAM, TPACK, dan literasi koding di SMK, portofolio tidak sekadar kumpulan dokumen administratif, tetapi menjadi cermin transformasi pedagogis yang mendalam. Portofolio ini mencakup desain pembelajaran, dokumentasi proyek siswa, refleksi pribadi, hingga analisis dampak terhadap hasil belajar. Guru-guru SMK yang menerapkan pembelajaran berbasis proyek STEAM sering kali menyertakan desain unit interdisipliner sebagai bagian portofolio mereka. Misalnya, guru DKV mengintegrasikan seni digital dengan fisika suara untuk menciptakan proyek desain alat musik interaktif. Dokumen RPP, peta konsep, serta contoh produk siswa menjadi bukti konkrit yang menyatu dalam portofolio.

Dalam implementasi TPACK, banyak guru menyertakan diagram integrasi antara teknologi, pedagogi, dan konten. Hal ini memudahkan penilai (kepala sekolah, asesor, atau kolega) untuk memahami bagaimana pemilihan aplikasi atau perangkat digital mendukung tujuan pembelajaran spesifik. Misalnya, penggunaan Padlet untuk brainstorming, GeoGebra untuk simulasi matematika, atau Canva untuk kolaborasi desain menjadi highlight dalam artefak portofolio. Refleksi harian guru menjadi bagian vital dari portofolio. Dalam jurnal harian, guru mencatat dinamika kelas, tantangan penerapan teknologi, respon siswa terhadap proyek, serta rencana perbaikan. Refleksi semacam ini tidak hanya memperlihatkan kesadaran kritis, tetapi juga menunjukkan kematangan dalam pengambilan keputusan instruksional. Format refleksi bisa berbentuk narasi, tabel, atau bahkan voice note yang dikonversi dalam bentuk tertulis.

Portofolio yang kuat juga memuat dokumentasi proyek siswa secara visual. Foto kegiatan, video presentasi, atau QR code yang mengarah ke laman hasil karya digital siswa menjadi cara yang efektif untuk menunjukkan bukti nyata keberhasilan pembelajaran. Hal ini memperkuat kredibilitas guru dalam menunjukkan bahwa pendekatan inovatif memang berdampak langsung pada proses dan produk belajar

siswa. Beberapa guru SMK juga menyertakan laporan analisis hasil belajar, baik dalam bentuk grafik pencapaian indikator, tren partisipasi siswa, maupun feedback dari siswa sendiri. Analisis berbasis data ini menambahkan bobot objektif terhadap portofolio yang awalnya bersifat naratif. Guru yang mampu mengolah data sederhana menunjukkan kemampuan monitoring dan evaluasi yang cakup.

Kegiatan pelatihan atau kolaborasi juga tercermin dalam portofolio. Guru mencatat pengalaman mengikuti workshop, menjadi narasumber, atau menjadi mentor rekan sejawat dalam komunitas belajar. Sertifikat, dokumentasi kegiatan, hingga hasil pelatihan yang langsung diterapkan di kelas memberi nilai lebih dalam aspek pengembangan profesional. Integrasi koding dalam pembelajaran non-TIK menghasilkan portofolio yang unik. Guru Agribisnis menyisipkan algoritma sederhana untuk irigasi otomatis berbasis sensor. Guru Akuntansi memandu siswa membuat kalkulator laporan keuangan menggunakan Excel VBA. Deskripsi tujuan, langkah, evaluasi, dan hasil siswa menjadi konten portofolio yang bernilai dan inspiratif.

Portofolio juga bisa mencakup desain pembelajaran berbasis *microlearning*. Modul singkat, video pendek buatan guru, dan tugas interaktif yang dibagikan via LMS seperti Google Classroom atau Moodle menunjukkan bahwa guru memiliki kemampuan digital literasi dan *content creation* yang aplikatif dan modern. Salah satu aspek yang menarik adalah adanya bagian "learning journey" atau "perjalanan belajar guru". Ini merupakan narasi pribadi guru tentang transformasi diri dalam memahami teknologi, mengatasi resistensi, hingga menemukan gaya mengajar baru. Narasi ini sangat humanis dan memberi kesan autentik terhadap pembaca portofolio, termasuk pihak asesor.

Portofolio guru dapat juga menampilkan kolaborasi dengan siswa. Misalnya, siswa yang menjadi tim dokumentasi proyek, editor video refleksi pembelajaran, atau pendamping pelatihan guru lain. Peran ini menciptakan simbiosis belajar yang sehat, sekaligus menunjukkan pendekatan pendidikan yang partisipatif. Dalam banyak kasus, guru yang mengembangkan portofolio berbasis STEAM-TPACK-Koding juga memiliki rekam jejak publikasi sederhana di media sosial sekolah, blog pribadi, atau platform pembelajaran. Tautan tersebut bisa dimasukkan sebagai bagian e-portfolio yang

memperlihatkan bahwa praktik baik mereka tidak hanya tersimpan di folder pribadi, tetapi dibagikan sebagai inspirasi luas.

Format portofolio bisa fleksibel: berbentuk binder fisik, folder digital, presentasi interaktif, atau website pribadi. Namun prinsip utamanya tetap: menunjukkan bukti nyata, terstruktur, reflektif, dan berkembang. Elemen wajib dalam portofolio guru inovatif meliputi rencana pembelajaran, dokumentasi kegiatan, refleksi, dan bukti dampak terhadap siswa. Dalam penguatan profesionalisme guru, portofolio menjadi instrumen evaluasi sekaligus refleksi berkelanjutan. Dalam beberapa program sertifikasi guru inovatif atau pelatihan nasional, portofolio menjadi tolok ukur untuk rekognisi, penghargaan, atau kenaikan jenjang profesional. Portofolio bukan beban administratif, tetapi artefak perkembangan karier.

Komunitas MGMP atau komunitas pembelajar profesional sebaiknya mendukung pembuatan dan *reviu* portofolio secara berkala. Ini menjadi bagian dari budaya berbagi praktik baik dan saling belajar lintas sekolah. Beberapa MGMP bahkan menyelenggarakan "pameran portofolio guru" sebagai ajang apresiasi dan pengembangan diri. Pembuatan portofolio sebaiknya dilakukan dengan prinsip dokumentasi sejak awal, bukan retroaktif. Artinya, sejak guru merancang pembelajaran, mereka sudah menyiapkan bukti dan catatan yang kelak menjadi bagian portofolio. Proses ini membuat refleksi lebih otentik dan kontekstual.

Penting juga mengembangkan instrumen penilaian portofolio guru, baik untuk diri sendiri maupun untuk asesmen eksternal. Rubrik penilaian bisa mencakup aspek: kejelasan tujuan pembelajaran, integrasi teknologi, kedalaman refleksi, dokumentasi proyek siswa, serta inovasi pedagogis. Guru SMK yang konsisten membangun portofolio akan memiliki jejak pembelajaran yang kaya dan dapat dijadikan model, mentor, atau fasilitator pelatihan di masa depan. Portofolio bukan hanya untuk satu semester, tetapi menjadi bank ide, bukti dedikasi, dan aset karier jangka panjang.

Dengan demikian, kumpulan portofolio guru dalam praktik STEAM TPACK Koding bukan hanya merekam apa yang telah dilakukan, tetapi juga memproyeksikan potensi inovasi ke depan. Ia adalah narasi profesionalisme yang terus tumbuh, berkembang, dan menginspirasi.

## BAB 12.

### MEMBANGUN EKOSISTEM INOVASI DI SEKOLAH

*(Dari Guru Inovatif ke Budaya Sekolah yang Transformatif)*

Inovasi tidak lahir dari ruang hampa. Ia tumbuh dalam iklim yang memupuk keberanian, merayakan eksperimen, dan memaklumi kegagalan sebagai bagian dari proses belajar. Di sekolah, inovasi bukan hanya tanggung jawab individu guru, melainkan sebuah *ekosistem* yang saling menopang antaraktor: kepala sekolah, wakil, guru, siswa, tenaga kependidikan, bahkan mitra eksternal seperti DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri), komunitas, dan dinas pendidikan. Bab ini merupakan simpul dari keseluruhan buku tempat di mana semua benang merah tentang STEAM, TPACK, dan koding bertemu untuk membentuk gambaran besar: ekosistem sekolah yang hidup, bergerak, dan bermakna. Sekolah yang berhasil mengintegrasikan teknologi, kreativitas, dan kolaborasi ke dalam proses pembelajarannya bukan hanya ditandai oleh guru yang piawai, tetapi juga oleh struktur kepemimpinan yang visioner dan sistem manajemen yang mendukung. Di sinilah peran kepala sekolah dan waka kurikulum menjadi sentral bukan sebagai administrator yang mengatur dari atas, tetapi sebagai *gardener* inovasi yang menyangi, menyiram, dan memberi ruang tumbuh bagi gagasan-gagasan baru dari guru dan siswa.

Namun, inovasi tidak akan berjalan jika hanya mengandalkan semangat pribadi. Diperlukan regulasi internal yang memayungi dan mendorong, mulai dari kebijakan alokasi waktu untuk kolaborasi lintas mata pelajaran, insentif praktik baik, hingga dukungan sarana dan akses literasi digital. Sekolah yang berhasil menjadi pionir inovasi adalah mereka yang menyelaraskan visi institusi dengan kebutuhan nyata kelas, bukan yang terjebak dalam slogan tanpa aksi. Bab ini menyajikan langkah-langkah strategis untuk membangun fondasi sistemik bagi inovasi pendidikan, dari pemetaan potensi SDM dan infrastruktur hingga digitalisasi proses dokumentasi dan pengelolaan pembelajaran. Praktik kolaboratif guru lintas mapel, integrasi nilai-nilai STEAM dan

koding dalam visi-misi sekolah, serta penguatan jejaring eksternal menjadi tulang punggung ekosistem tersebut. Dalam pendekatan ini, guru bukan hanya agen perubahan, melainkan aktor utama dalam orkestrasi pembaruan sekolah secara berkelanjutan. Dengan menutup buku pada bab ini, kita tidak sedang mengakhiri pembelajaran, melainkan membuka lembaran baru. Ekosistem inovasi sekolah adalah ruang terbuka selalu bisa diperbaiki, selalu perlu dipelihara. Dan setiap guru, kepala sekolah, serta seluruh komunitas pendidikan memiliki peran unik untuk menjadikannya nyata.

### **A. Peran Kepala Sekolah dan Waka Kurikulum**

Dalam ekosistem inovasi sekolah, kepala sekolah dan wakil kepala sekolah bidang kurikulum memiliki posisi sentral yang tidak tergantikan. Mereka bukan hanya penanggung jawab administratif, melainkan arsitek perubahan yang memfasilitasi, mengorkestrasi, dan menginspirasi seluruh warga sekolah untuk bergerak bersama menuju transformasi pembelajaran. Peran mereka menjadi semakin penting dalam era digital dan pembelajaran abad ke-21 yang menuntut integrasi teknologi, pedagogi modern, dan kurikulum yang relevan.

Kepala sekolah yang visioner mampu menjadikan visi sekolah sebagai peta jalan perubahan. Ia tidak hanya menggugurkan kewajiban administratif, tetapi mampu memformulasikan visi dan misi yang mengintegrasikan semangat inovasi seperti STEAM, TPACK, dan literasi digital. Visi ini kemudian dijabarkan menjadi program-program konkret yang mendukung kreativitas guru dan kolaborasi lintas mapel. Sebagai pemimpin pembelajaran, kepala sekolah perlu membangun budaya sekolah yang terbuka terhadap pembaruan. Ini termasuk menghapus ketakutan terhadap kegagalan, menciptakan ruang diskusi antar-guru, serta mendukung eksperimen dan refleksi sebagai bagian dari proses belajar profesional. Kepala sekolah perlu menjadi teladan dalam belajar berkelanjutan dan pemanfaatan teknologi.

Waka kurikulum memiliki peran strategis dalam menjembatani ide dengan implementasi. Ia harus memiliki sensitivitas terhadap kebutuhan guru dan kemampuan untuk menerjemahkan kebijakan nasional (seperti Kurikulum Merdeka) ke dalam program sekolah yang aplikatif. Waka kurikulum juga menjadi penyeimbang antara inovasi dan keterlaksanaan. Salah satu tugas utama kepala sekolah dan waka kurikulum

adalah memastikan bahwa struktur kurikulum memberi ruang untuk integrasi lintas mapel, pembelajaran berbasis proyek, dan penilaian autentik. Hal ini membutuhkan kemampuan untuk merancang jadwal yang fleksibel, kolaboratif, dan tidak kaku. Kepala sekolah yang mendukung inovasi akan menciptakan sistem insentif non-finansial untuk guru, seperti pengakuan terhadap praktik baik, pemberian ruang presentasi karya guru, hingga fasilitasi untuk mengikuti pelatihan nasional atau internasional. Penguatan motivasi guru merupakan kunci dari keberlanjutan inovasi.

Kolaborasi antara kepala sekolah dan waka kurikulum juga tercermin dalam penguatan komunitas belajar guru. Mereka menjadi fasilitator dalam membentuk MGMP internal, menginisiasi coaching berbasis praktik nyata, dan menyediakan waktu khusus untuk pertemuan guru lintas bidang secara rutin. Kepemimpinan dalam ekosistem inovasi tidak bersifat top-down, tetapi bersifat partisipatif dan kolektif. Kepala sekolah dan waka kurikulum yang efektif mendengarkan suara guru, membuka ruang aspirasi siswa, dan mengundang kontribusi dari tenaga kependidikan. Dengan demikian, kepemimpinan tidak bersifat hierarkis, tetapi lebih pada kolaborasi dinamis.

Dalam konteks implementasi TPACK, kepala sekolah dan waka kurikulum memegang peran penting dalam memfasilitasi pelatihan, menyediakan perangkat teknologi, dan melakukan monitoring berbasis observasi kelas. Mereka memastikan bahwa kompetensi pedagogik dan teknologi guru meningkat secara bertahap dan terukur. Peran kepala sekolah sebagai instructional leader menuntut penguasaan substansi pedagogik dan pembelajaran digital. Ia tidak cukup hanya memahami manajemen sekolah, melainkan perlu menjadi penggerak literasi digital, pembelajaran diferensiatif, dan pendekatan humanis dalam pendidikan.

Waka kurikulum juga menjadi ujung tombak dalam mengintegrasikan elemen STEAM ke dalam RPP dan modul ajar. Ia bekerja bersama guru untuk menyusun proyek lintas disiplin yang tidak hanya menuntut kompetensi kognitif, tetapi juga afektif dan psikomotorik siswa. Dalam hal pengembangan SDM, kepala sekolah dan waka kurikulum memiliki tanggung jawab untuk memetakan potensi guru, mengatur rotasi tugas strategis, serta mendorong mentoring antara guru senior dan guru muda. Ini menjadi bagian dari pembudayaan kolaborasi dan regenerasi inovasi di sekolah.

Ekosistem inovasi yang dikembangkan oleh kepala sekolah dan waka kurikulum harus berbasis data. Mereka perlu membangun sistem monitoring dan evaluasi yang tidak sekadar menilai keterlaksanaan program, tetapi juga dampaknya terhadap motivasi belajar siswa dan kinerja guru. Kebijakan mikro di level sekolah dapat menjadi katalis inovasi jika dirancang partisipatif. Kepala sekolah dan waka kurikulum dapat menyusun kebijakan internal terkait jam proyek, alokasi waktu refleksi guru, serta sistem dokumentasi portofolio inovatif secara digital.

Peran kepala sekolah dan waka kurikulum juga menyentuh ranah kemitraan. Mereka menjadi jembatan antara sekolah dan dunia luar: industri, komunitas teknologi, universitas, serta lembaga pelatihan. Kolaborasi ini membuka akses baru untuk penguatan kapasitas guru dan siswa. Dalam menghadapi resistensi terhadap perubahan, kepala sekolah dan waka kurikulum berperan sebagai komunikator perubahan. Mereka menjelaskan urgensi inovasi, merayakan pencapaian kecil, dan menyusun langkah adaptif terhadap dinamika tantangan lapangan.

Penting pula bagi kepala sekolah dan waka kurikulum untuk menanamkan nilai-nilai etik dan karakter dalam setiap inovasi. Teknologi, TPACK, dan STEAM harus diletakkan dalam konteks kemanusiaan dan kebermaknaan, agar tidak hanya mencetak siswa cakap digital, tetapi juga manusia yang utuh. Sebagai role model, kepala sekolah dan waka kurikulum juga dituntut untuk aktif mempublikasikan praktik baik sekolah. Ini bisa dalam bentuk artikel populer, laporan kegiatan, atau keikutsertaan dalam ajang inovasi nasional. Hal ini memperkuat citra sekolah dan membangun jaringan pengetahuan.

Terakhir, peran mereka tidak hanya terlihat dalam program-program besar, tetapi juga dalam gestur kecil sehari-hari: menyapa guru dengan antusias, hadir dalam kelas guru muda, atau mencatat ide spontan dalam rapat. Inilah kepemimpinan autentik yang menjadi fondasi ekosistem inovasi yang berkelanjutan.

## **B. Kebijakan Sekolah yang Mendukung Inovasi**

Inovasi pendidikan di tingkat sekolah menengah kejuruan (SMK) tidak akan tumbuh secara sistemik tanpa dukungan kebijakan sekolah yang kuat dan visioner. Kebijakan sekolah adalah bentuk konkret dari keputusan strategis yang mengarahkan,

membimbing, dan mendorong terciptanya budaya inovasi. Dalam konteks ini, kebijakan sekolah perlu menjangkau lebih dari sekadar aturan administratif, melainkan mencerminkan nilai, komitmen, dan strategi jangka panjang untuk menjadikan inovasi sebagai bagian dari DNA kelembagaan.

Kebijakan yang mendorong inovasi harus mencakup ruang kebebasan berkreasi bagi guru dan siswa, alokasi anggaran yang mendukung eksplorasi proyek kreatif, serta fleksibilitas dalam implementasi kurikulum. Menurut Fullan (2020), kebijakan pendidikan yang berhasil adalah yang menciptakan kohesi antara kepemimpinan sekolah, kolaborasi guru, dan pemberdayaan siswa. Artinya, setiap kebijakan perlu mendorong sinergi antar pemangku kepentingan pendidikan di lingkungan sekolah. Dalam studi yang dilakukan oleh OECD (2021), sekolah yang memiliki kebijakan pro-inovasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam keterlibatan siswa, kepuasan guru, dan hasil pembelajaran berbasis proyek. Hal ini menandakan bahwa struktur kebijakan berpengaruh langsung terhadap dinamika pedagogis dan atmosfer belajar. Di SMK, kebijakan semacam ini dapat berupa regulasi pengintegrasian STEAM dan TPACK dalam RPP, pemberian insentif untuk guru inovatif, atau kebijakan penghargaan atas eksperimen kurikulum.

Kebijakan yang mendukung inovasi juga menyangkut sistem monitoring dan evaluasi yang menekankan refleksi dan perbaikan, bukan hanya akuntabilitas administratif. Kepala sekolah dapat menetapkan standar keberhasilan berdasarkan pertumbuhan siswa dalam berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kemampuan kolaboratif. Maka, instrumen evaluasi kebijakan perlu bersifat formatif dan dinamis, bukan semata berbasis angka. Selain itu, diperlukan kebijakan yang mendorong kerja sama lintas bidang baik antarguru maupun antara sekolah dengan dunia usaha dan industri (DUDI). Implementasi Merdeka Belajar menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi pembelajaran tak bisa berdiri sendiri, melainkan memerlukan jejaring yang dikokohkan melalui kebijakan strategis. Sekolah perlu menetapkan peraturan yang mendorong pelaksanaan proyek lintas mapel, penguatan Teaching Factory, dan program magang yang terintegrasi.

Kebijakan anggaran juga memainkan peran penting dalam mendukung inovasi. Menurut World Bank (2022), sekolah yang secara eksplisit mengalokasikan dana untuk pembaruan pembelajaran, pengembangan guru, dan teknologi digital lebih siap menghadapi disrupsi. Oleh karena itu, RAPBS (Rencana Anggaran dan Pendapatan Belanja Sekolah) harus menampung program-program yang mendukung inovasi berbasis kebutuhan nyata guru dan siswa. Kebijakan pengembangan SDM menjadi unsur penting lain. Sekolah perlu menetapkan kebijakan pelatihan berkelanjutan, mentoring guru muda, serta pengembangan komunitas belajar profesional. Ini memastikan bahwa inovasi tidak bersifat insidental, tetapi menjadi bagian dari strategi peningkatan mutu berkelanjutan. Penting pula bagi kebijakan sekolah untuk mengakomodasi ruang eksperimen pedagogis. Artinya, guru diberi kesempatan mencoba model pembelajaran baru tanpa takut gagal. Budaya "fail-forward" ini sebagaimana dipopulerkan oleh inovator Silicon Valley juga dapat diadopsi dalam kebijakan pendidikan di tingkat sekolah, tentunya dengan sistem refleksi dan dokumentasi praktik baik.

Kebijakan sekolah yang mendukung inovasi juga harus memiliki prinsip inklusi dan kesetaraan. Inovasi bukan hanya milik guru mapel tertentu atau siswa berprestasi semata, tetapi harus menjangkau semua warga sekolah. Oleh karena itu, kebijakan perlu menjamin keterlibatan siswa berkebutuhan khusus, guru non-TIK, dan program keahlian yang selama ini kurang terekspos teknologi. Untuk menjamin keberlangsungan, kebijakan inovatif perlu didukung dengan sistem dokumentasi dan pelaporan berbasis data. Dashboard inovasi sekolah dapat dikembangkan sebagai media pelacak capaian dan ruang berbagi ide, di mana guru-guru dapat memublikasikan proyek-proyek yang berhasil diimplementasikan dan mendapat umpan balik dari rekan sejawat.

Terakhir, kebijakan yang mendukung inovasi haruslah mampu menjadi jembatan antara visi dan praktik. Tidak cukup hanya dengan menuliskan dalam dokumen visi-misi, tetapi harus terlihat dalam tindakan: mulai dari pelatihan guru, asesmen formatif, jadwal pelajaran yang fleksibel, hingga struktur organisasi sekolah yang mendukung kolaborasi dan pembelajaran berbasis proyek. Dengan menyusun dan menjalankan kebijakan yang holistik, adaptif, dan berbasis refleksi, sekolah akan mampu membangun ekosistem inovasi yang tidak hanya menjawab tantangan abad 21, tetapi juga menumbuhkan

generasi pembelajar yang kreatif, kolaboratif, dan siap menghadapi masa depan yang terus berubah.

### C. Pemetaan SDM, Sarpras, dan Jejaring DUDI

Pembangunan ekosistem inovasi pendidikan di SMK tidak dapat dilepaskan dari pemetaan sumber daya manusia (SDM), sarana dan prasarana (Sarpras), serta jejaring dunia usaha dan dunia industri (DUDI). Ketiga aspek ini menjadi fondasi krusial yang memungkinkan terjadinya integrasi antara kebijakan sekolah, kurikulum yang kontekstual, dan implementasi pembelajaran yang berorientasi pada kebutuhan riil. Dalam kerangka manajemen strategis sekolah, pemetaan yang akurat dan periodik terhadap potensi dan keterbatasan SDM serta Sarpras merupakan langkah awal yang menentukan arah transformasi sekolah.

SDM merupakan aktor kunci dalam penggerak inovasi. Kepala sekolah, guru, tenaga kependidikan, dan staf lainnya memiliki peran yang berbeda namun saling melengkapi dalam mendukung implementasi STEAM, TPACK, maupun pembelajaran berbasis coding. Oleh karena itu, penting dilakukan audit kompetensi untuk memetakan keahlian, latar belakang pendidikan, sertifikasi, dan potensi pengembangan dari setiap individu di lingkungan sekolah. Hasil pemetaan ini kemudian dapat dijadikan dasar penyusunan program pengembangan profesional berkelanjutan, termasuk pelatihan spesifik, coaching, mentoring, atau kolaborasi dengan pakar dan praktisi industri. Sarana dan prasarana merupakan enabler dalam pembelajaran inovatif. Laboratorium komputer, ruang praktik, alat-alat mikrokontroler, jaringan internet stabil, platform Learning Management System (LMS), dan alat bantu visual seperti proyektor atau smartboard merupakan beberapa contoh Sarpras penting dalam mendukung pendekatan STEAM dan TPACK. Sekolah perlu menyusun roadmap pengembangan Sarpras berbasis kebutuhan pembelajaran masa depan, dengan mempertimbangkan keberlanjutan, inklusivitas, dan integrasi antarjurusan.

Pemetaan Sarpras juga harus mempertimbangkan potensi pemanfaatan bersama antar program keahlian. Misalnya, satu ruang laboratorium komputer dapat dimanfaatkan lintas jurusan untuk kegiatan coding, pengolahan data, maupun visualisasi proyek. Pendekatan ini tidak hanya efisien dari segi anggaran, tetapi juga mendorong

kolaborasi dan pembelajaran interdisipliner antarguru dan siswa. Aspek ketiga yang tak kalah penting adalah jejaring DUDI. Dalam konteks pendidikan vokasi, keberadaan mitra industri bukan hanya sebagai tempat magang atau praktik kerja, tetapi juga sebagai sumber pengetahuan mutakhir, teknologi terbaru, serta model keterampilan kerja yang relevan dengan pasar. Pemetaan jejaring DUDI perlu dilakukan secara sistematis dengan memperhatikan jenis industri, kedekatan lokasi, kesiapan kolaborasi, serta potensi kontribusi mereka dalam pembelajaran.

Jejaring DUDI dapat dikembangkan melalui berbagai strategi, seperti mengundang profesional industri sebagai pembicara tamu, menyelenggarakan kelas industri, hingga mengembangkan teaching factory bersama. Untuk itu, dibutuhkan data base jejaring yang terstruktur, termasuk rekam jejak kerja sama sebelumnya, profil perusahaan, dan peluang sinergi dalam pengembangan kurikulum. Pemetaan ini juga dapat dipadukan dengan analisis SWOT yang menggambarkan kekuatan, kelemahan, peluang, dan tantangan dari SDM, Sarpras, serta jejaring DUDI di sekolah. Hasil analisis menjadi dasar dalam merumuskan strategi jangka pendek, menengah, dan panjang yang realistis dan adaptif terhadap perkembangan zaman.

Dalam praktiknya, sekolah dapat menggunakan instrumen seperti kuesioner, wawancara, observasi langsung, dan focus group discussion (FGD) untuk menggali data dari para pemangku kepentingan. Data tersebut kemudian diolah dalam bentuk peta visual, dashboard digital, atau laporan deskriptif yang memudahkan pengambilan keputusan strategis. Pemetaan SDM dan Sarpras juga harus memperhatikan keberagaman dan inklusivitas. Guru dan siswa dengan kebutuhan khusus, potensi unik, atau latar belakang berbeda perlu diakomodasi agar semua unsur sekolah merasa menjadi bagian dari perubahan. Hal ini sejalan dengan prinsip inklusi dalam pendidikan abad 21 yang menekankan pada pemberdayaan semua warga sekolah.

Keberhasilan pemetaan ini sangat dipengaruhi oleh kepemimpinan transformasional kepala sekolah dan tim manajemen. Dukungan penuh dari yayasan atau pemilik sekolah, transparansi data, serta pelibatan guru dalam proses menjadi kunci lahirnya pemetaan yang bukan sekadar administratif, tetapi benar-benar bermanfaat untuk peningkatan mutu sekolah. Dalam banyak studi kasus sekolah inovatif, pemetaan yang akurat terbukti

mempercepat penyesuaian kebijakan, alokasi sumber daya yang tepat sasaran, dan menciptakan budaya refleksi yang berkelanjutan. Pemetaan bukan akhir dari proses, melainkan awal dari pembelajaran institusional yang terus menerus dikembangkan.

Integrasi antara data pemetaan dengan sistem manajemen sekolah berbasis digital juga menjadi tantangan sekaligus peluang. Dashboard berbasis Google Data Studio, Microsoft Power BI, atau platform manajemen sekolah berbasis open-source kini mulai digunakan untuk memetakan dan memvisualisasikan aset sekolah secara real-time.

Pemetaan yang baik juga dapat memperkuat posisi sekolah dalam menjalin kerja sama dengan pemerintah daerah, dunia usaha, serta lembaga donor pendidikan. Dengan data yang kuat, sekolah dapat menyusun proposal program, pelatihan, atau pengembangan yang lebih meyakinkan dan berbasis kebutuhan nyata.

Secara strategis, pemetaan ini harus dikaitkan dengan indikator kinerja utama sekolah (IKU), indikator kinerja kepala sekolah, serta indikator capaian program prioritas seperti SMK Pusat Keunggulan, revitalisasi SMK, atau sekolah berbasis kewirausahaan. Ini akan memberikan arah dan konsistensi dalam implementasi kebijakan pendidikan.

Pemetaan juga mendukung implementasi kurikulum merdeka, khususnya dalam hal proyek penguatan profil pelajar Pancasila (P5), karena memungkinkan pengelolaan lintas keahlian dan pengembangan topik yang kontekstual dengan sumber daya sekolah dan mitra industri.

Akhirnya, pemetaan SDM, Sarpras, dan jejaring DUDI bukan sekadar kewajiban administratif. Ia adalah jembatan antara visi besar sekolah dengan praktik nyata di lapangan. Dengan pemetaan yang menyeluruh, sekolah memiliki landasan kuat untuk bergerak secara inovatif, inklusif, dan berkelanjutan menghadapi tantangan abad ke-21.

#### **D. Kolaborasi Lintas Mapel untuk Proyek STEAM**

Kolaborasi lintas mata pelajaran dalam proyek STEAM bukan hanya strategi pedagogis, tetapi sebuah perubahan paradigma dalam pembelajaran abad ke-21. Pendekatan ini menuntut integrasi pengetahuan dari berbagai disiplin untuk membekali

siswa dengan kemampuan berpikir kompleks, kritis, dan kreatif. Dalam konteks SMK, kolaborasi ini memungkinkan peserta didik menggabungkan teori dan praktik dari ranah kejuruan dengan sains, teknologi, seni, dan matematika secara harmonis, untuk menciptakan solusi nyata bagi permasalahan riil. Misalnya, dalam proyek pembuatan produk daur ulang berbasis Internet of Things, siswa dari jurusan Teknik Komputer Jaringan dapat bekerja sama dengan siswa jurusan DKV dan Akuntansi untuk merancang sistem, tampilan antarmuka, dan analisis biaya produksinya. Landasan filosofis dari pendekatan lintas mapel ini merujuk pada konstruktivisme sosial (Vygotsky) dan pembelajaran autentik (Herrington & Oliver, 2000), di mana pemahaman lebih mendalam dibangun melalui kerja sama dan konteks dunia nyata. Ketika guru dari berbagai bidang bersinergi, pembelajaran tidak lagi terkotak-kotak, melainkan menjadi ekosistem yang saling mendukung, mengasah keterampilan berpikir sistemik siswa. Integrasi ini juga sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang mendorong proyek lintas disiplin, terutama dalam implementasi Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5).

Model implementasi kolaborasi lintas mapel dapat dimulai dari tahapan perencanaan bersama yang melibatkan diskusi antar guru dalam menentukan tema proyek, tujuan pembelajaran, indikator ketercapaian, serta pembagian peran dan jadwal. Tahapan ini krusial untuk menghindari tumpang tindih atau redundansi materi. Sebuah proyek STEAM yang dirancang oleh tim guru Teknik Otomotif, Matematika, dan Bahasa Inggris, misalnya, dapat menghasilkan simulasi perakitan kendaraan hemat energi dengan laporan teknis berbahasa Inggris. Kegiatan ini bukan hanya meningkatkan hasil belajar kognitif, tetapi juga soft skills seperti komunikasi, kepemimpinan, dan kolaborasi.

Penelitian oleh Margot & Kettler (2019) menunjukkan bahwa pendekatan lintas disiplin mampu meningkatkan motivasi intrinsik dan minat siswa dalam belajar, khususnya di bidang STEM/STEAM. Dalam konteks SMK, ini menjadi peluang besar untuk merevitalisasi minat belajar siswa yang cenderung pragmatis, karena mereka dapat melihat langsung koneksi antar pelajaran terhadap kehidupan dan dunia kerja. Selain itu, siswa juga berlatih menjadi manajer proyek dalam skala mikro, merancang, mengeksekusi, dan mengevaluasi proyek dengan dukungan guru lintas kompetensi.

Kolaborasi lintas mapel membutuhkan dukungan kelembagaan berupa struktur waktu yang fleksibel, penjadwalan blok atau tema bersama, serta forum koordinasi antarguru seperti komunitas praktik. Sekolah perlu menyiapkan platform kolaboratif seperti LMS atau Google Classroom terintegrasi, agar siswa dan guru dapat mengakses materi bersama, mengunggah hasil kerja, dan memberi umpan balik secara lintas pelajaran. Guru yang terbiasa bekerja secara individual harus difasilitasi dengan pelatihan kolaboratif dan coaching leadership dari kepala sekolah atau koordinator kurikulum.

Dalam pelaksanaannya, proyek lintas mapel dapat dirancang dengan mempertimbangkan tantangan lokal dan kebutuhan daerah. Sebagai contoh, SMK Agribisnis dan Teknologi Pangan di daerah pedesaan dapat berkolaborasi dengan guru matematika, kimia, dan seni untuk mengembangkan kemasan produk olahan lokal berbasis sistem barcode dan pelabelan gizi. Proyek ini bisa ditampilkan dalam pameran kewirausahaan atau ajang kompetisi inovasi siswa. Untuk mengukur keberhasilan kolaborasi lintas mapel, diperlukan indikator yang tidak hanya berfokus pada produk akhir, tetapi juga pada proses pembelajaran, keterlibatan siswa, serta peran aktif masing-masing guru. Rubrik penilaian berbasis kriteria kolaboratif dan portofolio menjadi instrumen penting dalam proses asesmen. Evaluasi formatif yang dilakukan secara berkala juga memastikan bahwa arah kolaborasi tetap sejalan dengan tujuan pembelajaran dan penguatan kompetensi siswa.

Kolaborasi lintas mapel dalam proyek STEAM juga dapat menjadi wadah bagi guru untuk saling belajar lintas bidang, meningkatkan literasi pedagogik dan teknologi, serta menciptakan komunitas belajar yang berkelanjutan. Guru yang terbiasa dengan pembelajaran teori kini dapat belajar mendesain proyek praktik dari guru kejuruan, dan sebaliknya, guru vokasi dapat memperkuat pendekatan saintifik dan reflektif dari rekan sejawatnya di bidang umum. Akhirnya, penguatan kolaborasi lintas mapel bukan sekadar strategi pedagogis, tetapi bagian dari reformasi budaya sekolah. SMK yang mendorong kolaborasi lintas pelajaran sedang menanamkan nilai-nilai kolaborasi, empati, dan kreativitas dalam keseharian belajar siswa, yang kelak akan menjadi modal penting bagi generasi yang siap menghadapi kompleksitas dunia kerja dan kehidupan abad 21.

## E. Digitalisasi Dokumentasi dan Manajemen Pembelajaran Inovatif

Di tengah arus transformasi digital di sektor pendidikan, digitalisasi dokumentasi dan manajemen pembelajaran menjadi tulang punggung keberlanjutan inovasi di sekolah. Dokumentasi tidak lagi sekadar berkas fisik yang menumpuk di lemari, melainkan aset digital yang dapat diakses, dianalisis, dan dimanfaatkan untuk pengambilan keputusan strategis. Sekolah yang inovatif memosisikan dokumentasi bukan sebagai kewajiban administratif, tetapi sebagai fondasi reflektif dan sumber belajar yang dinamis. Dalam kerangka STEAM dan TPACK, dokumentasi digital mencakup banyak bentuk: rekaman video pembelajaran, jurnal refleksi guru, hasil karya siswa, rubrik asesmen berbasis proyek, dan data evaluasi formatif. Semua ini membentuk portofolio digital yang memberi gambaran menyeluruh atas proses dan hasil pembelajaran. Hal ini selaras dengan gagasan *evidence-based learning*, di mana praktik inovatif guru dan pembelajaran siswa didasarkan pada bukti nyata yang terdokumentasi.

Manajemen pembelajaran inovatif menuntut pengintegrasian teknologi Learning Management System (LMS) seperti Moodle, Google Classroom, Edmodo, atau platform lokal seperti Rumah Belajar. LMS bukan sekadar wadah mengunggah tugas, melainkan ruang interaksi yang mengatur alur belajar, mendokumentasikan aktivitas, dan memberi umpan balik otomatis. Penelitian oleh Watson & Watson (2022) menekankan bahwa LMS yang dikelola dengan baik meningkatkan motivasi belajar dan efektivitas pengajaran berbasis proyek. Penerapan LMS juga memungkinkan pencatatan perkembangan keterampilan abad 21 seperti kolaborasi, kreativitas, dan berpikir kritis yang sebelumnya sulit diukur. Dalam model asesmen STEAM, misalnya, siswa tidak hanya dinilai dari produk akhir tetapi juga proses berpikir dan interaksinya. Semua tahapan ini dapat terdokumentasi dalam forum diskusi, log aktivitas, dan video presentasi yang tersimpan dalam LMS.

Digitalisasi dokumentasi juga memperkuat praktik refleksi guru secara sistematis. Alih-alih menulis laporan secara manual yang kadang bersifat formalistik, guru dapat merekam vlog refleksi, mengisi e-jurnal, atau menyusun podcast narasi pembelajaran. Format ini tidak hanya lebih kontekstual tetapi juga membangun budaya belajar antar guru. Praktik seperti ini diadopsi dalam *reflective practitioner model* yang dikembangkan

oleh Schön dan dikembangkan dalam konteks guru digital abad 21. Keberhasilan digitalisasi tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi pada budaya dokumentasi yang ditumbuhkan secara kolektif. Sekolah perlu mengembangkan kebijakan yang mendorong dokumentasi sebagai praktik reflektif, bukan administratif. Ini bisa dilakukan dengan memberi ruang dalam jadwal guru untuk menyusun refleksi, menampilkan karya siswa dalam galeri digital, atau mengadakan forum sharing inovasi secara berkala.

Kepala sekolah memiliki peran strategis dalam membangun sistem dokumentasi digital yang berkelanjutan. Mereka dapat memfasilitasi pelatihan penggunaan LMS, memastikan infrastruktur tersedia, dan membuat sistem insentif bagi guru yang aktif mendokumentasikan inovasi. Ini penting agar semangat dokumentasi tidak berhenti di euforia awal tetapi menjadi budaya sekolah yang hidup. Salah satu praktik yang mulai diterapkan di SMK inovatif adalah *Digital Innovation Dashboard*, yaitu platform daring yang memuat peta inovasi guru, proyek siswa, dan data pembelajaran dalam satu sistem. Dengan dashboard ini, sekolah dapat melihat secara real time perkembangan kelas-kelas inovatif, keterlibatan siswa, dan tantangan yang dihadapi guru. Ini sangat membantu dalam pengambilan keputusan kurikulum, pelatihan, dan supervisi.

Di ranah SMK, digitalisasi dokumentasi juga sangat membantu dalam menyambungkan hasil pembelajaran dengan dunia industri. Portofolio digital siswa dapat diakses oleh DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri) sebagai bukti keterampilan nyata. Ini membuka peluang kemitraan, magang, hingga rekrutmen berbasis bukti keterampilan, bukan hanya nilai ijazah. Guru sebagai aktor utama perlu mendapatkan pendampingan teknis dan pedagogis dalam menyusun dokumentasi digital. Misalnya, workshop tentang pembuatan video pembelajaran interaktif, pelatihan menyusun rubrik asesmen proyek berbasis aplikasi, atau mentoring refleksi berbasis vlog. Semua ini tidak hanya memperkuat kapasitas guru, tetapi juga membangun komunitas praktik profesional.

Dalam konteks Merdeka Belajar, dokumentasi digital menjadi pilar penting dalam pembuktian capaian pembelajaran berdiferensiasi. Siswa dengan minat dan gaya belajar berbeda menghasilkan bentuk karya yang berbeda pula. Dengan dokumentasi digital, guru dapat mengarsipkan beragam bentuk produk siswa dan menunjukkan bahwa

pembelajaran telah melayani keberagaman secara otentik. Digitalisasi juga mendukung asesmen kinerja guru secara lebih komprehensif dan objektif. Supervisi tidak hanya mengandalkan observasi satu kali, tetapi dapat dilengkapi dengan rekaman pembelajaran, interaksi daring guru-siswa, serta portofolio instruksional guru. Ini membawa arah baru dalam penilaian kinerja yang tidak lagi bersifat snapshot, tetapi longitudinal dan berbasis bukti.

Penggunaan teknologi seperti Google Sites atau Padlet dapat menjadi solusi sederhana bagi guru yang belum terbiasa dengan LMS kompleks. Dengan situs pribadi, guru dapat menyimpan semua hasil praktik pembelajaran mereka materi ajar, karya siswa, refleksi, dan asesmen dalam satu halaman yang mudah diakses dan dibagikan. Pengalaman dari Finlandia menunjukkan bahwa dokumentasi pembelajaran guru yang bersifat terbuka dan kolaboratif mendorong inovasi berantai. Guru belajar dari praktik guru lain, menyesuainya dengan konteks mereka, dan mendokumentasikan kembali. Ini membentuk *learning loop* yang berkelanjutan dan menciptakan budaya inovatif yang organik, bukan instruksional.

Dari sisi keamanan dan etika, sekolah perlu mengembangkan pedoman perlindungan data dalam dokumentasi digital. Izin publikasi, penggunaan gambar siswa, dan akses pihak luar perlu diatur agar tetap menghormati privasi dan hak cipta. Pendekatan ini juga melatih siswa dan guru tentang literasi digital dan etika bermedia. Transformasi dokumentasi juga menuntut perubahan dalam struktur organisasi sekolah. Diperlukan tim dokumentasi atau pengembang konten yang terdiri dari guru, staf TU, bahkan siswa, yang bertugas mengelola media digital sekolah. Ini membuka ruang pengembangan kepemimpinan digital di tingkat sekolah dan menumbuhkan rasa kepemilikan terhadap inovasi.

Agar dokumentasi digital berdampak nyata, sekolah harus mengintegrasikannya ke dalam sistem perencanaan dan evaluasi. RKS, RKAS, dan RPP seharusnya mencantumkan ruang dokumentasi sebagai bagian integral, bukan tambahan. Ini menjadikan dokumentasi sebagai alat penggerak kualitas, bukan sekadar pelengkap laporan. Dokumentasi pembelajaran yang kuat menjadi dasar untuk menulis publikasi ilmiah guru, menyusun buku ajar, hingga mengikuti lomba inovasi pembelajaran. Dengan basis

digital, guru lebih mudah menelusuri data, menampilkan bukti, dan menyusun naskah. Ini memperluas kiprah guru dari pelaksana ke pengembang pengetahuan pendidikan. Kunci terakhir dari digitalisasi dokumentasi adalah keberanian untuk membagikan, bukan menyimpan. Inovasi yang tidak dibagikan akan berhenti di ruang kelas. Sekolah perlu mendorong platform publikasi inovasi guru baik secara daring melalui YouTube, blog, atau e-portfolio, maupun luring dalam bentuk seminar guru berbagi praktik.

## F. Integrasi STEAM dan Koding dalam Visi Misi Sekolah

Integrasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) serta koding ke dalam visi dan misi sekolah bukan sekadar sebuah tren atau pelengkap kurikulum. Ini adalah deklarasi nilai, arah strategis, serta komitmen institusional terhadap pembelajaran yang kontekstual, futuristik, dan transformatif. Dalam era industri 4.0 menuju society 5.0, visi sekolah harus mencerminkan kesiapan generasi mendatang menghadapi disrupsi, bukan hanya adaptasi pada struktur lama yang stagnan. Visi sekolah yang menyatakan “Menjadi institusi vokasi unggul dalam teknologi dan inovasi berkarakter” misalnya, harus diterjemahkan dalam misi dan strategi nyata, salah satunya melalui STEAM dan koding. Kedua pendekatan ini bukan hanya alat ajar, melainkan paradigma berpikir dan berkreasi yang mendorong siswa untuk menjadi problem solver dan kreator nilai, bukan sekadar pencari kerja. Dengan demikian, integrasinya menjadi bagian intrinsik dari identitas dan arah transformasi sekolah.

Landasan teoretik untuk integrasi ini dapat ditarik dari konsep *future-ready schools* yang dikembangkan oleh Fullan & Langworthy (2022), yang menyatakan bahwa sekolah yang memiliki visi transformatif wajib menjadikan teknologi dan keterampilan lintas bidang sebagai inti strategi. Mereka yang mengintegrasikan STEAM dan koding ke dalam fondasi institusional akan lebih siap menghadapi tantangan pendidikan masa depan. Mengintegrasikan STEAM dan koding dalam visi-misi berarti juga mengubah struktur dokumen strategis seperti Rencana Kerja Sekolah (RKS), Rencana Induk Pengembangan Sekolah (RIPS), hingga pengembangan program unggulan dan branding sekolah. Sekolah dapat menegaskan posisinya sebagai “SMK Teknologi Inovatif” atau “Sekolah Vokasi Berbasis Proyek Interdisipliner”, yang secara otomatis menarik minat siswa dan mitra industri yang relevan.

Proses integrasi ini perlu dimulai dari refleksi mendalam oleh tim manajemen sekolah bersama dewan guru. Pertanyaan-pertanyaan kritis seperti “Nilai apa yang ingin kita tanamkan melalui pembelajaran?” dan “Kompetensi masa depan apa yang kita prioritaskan?” menjadi penting untuk mendesain ulang arah visi misi yang selaras dengan STEAM dan koding. Refleksi ini memperkuat kepemimpinan strategis kepala sekolah sebagai *visionary leader*. Koding dan STEAM seharusnya tidak diposisikan sebagai ‘tambahan’ yang sifatnya temporer, melainkan sebagai ‘roh’ kurikulum yang menyatu dengan semangat merdeka belajar. Hal ini didukung oleh kebijakan Kemendikbudristek tentang pembelajaran berbasis proyek dan Profil Pelajar Pancasila yang mengedepankan kreativitas, kolaborasi, dan berpikir kritis sebagai nilai inti. Maka, misi sekolah perlu merinci strategi implementasi STEAM dan koding secara eksplisit.

Misalnya, misi sekolah bisa dirumuskan: “Mendorong inovasi pembelajaran berbasis STEAM untuk menghasilkan lulusan yang adaptif dan kreatif” atau “Membekali siswa dengan keterampilan koding dasar lintas jurusan sebagai landasan literasi digital abad 21”. Pernyataan ini tidak hanya normatif tetapi juga dapat dioperasionalkan dalam program kerja, indikator kinerja, dan sistem evaluasi sekolah. Integrasi juga dapat dilihat dari struktur kurikulum lokal. Sekolah dapat menambahkan mata pelajaran pilihan seperti *Creative Coding*, atau menyisipkan modul koding dalam mapel produktif seperti otomotif, agribisnis, atau akuntansi. Hal ini membutuhkan kolaborasi antar guru mapel dan pelatihan intensif agar konten STEAM tidak bersifat artifisial, melainkan kontekstual sesuai dunia siswa.

Dari sisi branding sekolah, visi berbasis STEAM dan koding dapat diejawantahkan dalam slogan, logo, hingga video profil. Sekolah yang menampilkan siswa merakit mikrokontroler, membuat aplikasi sederhana, atau memecahkan masalah lingkungan melalui proyek interdisipliner menunjukkan identitas yang kuat dan selaras dengan nilai-nilai pendidikan modern. Penting pula menyinkronkan visi-misi ini dengan budaya sekolah. Misalnya, budaya *show your code day*, pameran proyek STEAM, atau lomba inovasi berbasis tantangan lokal akan memperkuat narasi bahwa STEAM dan koding bukan hanya proyek satu kali, tetapi cara berpikir dan budaya kerja seluruh komunitas sekolah. Integrasi dalam visi dan misi juga memberi dasar kuat untuk kemitraan dengan DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri). Sekolah dengan orientasi STEAM dan koding

lebih mudah menjalin kolaborasi dengan perusahaan teknologi, startup digital, atau lembaga riset yang membutuhkan lulusan dengan kompetensi literasi digital dan kemampuan problem solving. Sebagai langkah lanjut, kepala sekolah perlu menyusun *policy brief* internal yang menguraikan bagaimana visi-misi sekolah diterjemahkan dalam regulasi, pembiayaan, pengembangan SDM, dan evaluasi. Dengan begitu, perubahan tidak hanya terjadi pada kata-kata dalam dokumen, tetapi juga dalam tindakan nyata di ruang kelas dan manajemen sekolah.

Penelitian oleh Zhao (2021) menunjukkan bahwa sekolah yang memasukkan digital innovation dan entrepreneurship ke dalam visi misi menunjukkan peningkatan signifikan dalam kinerja siswa dalam hal kreativitas dan resiliensi belajar. Ini membuktikan bahwa dokumen strategis yang hidup dan dikelola secara aktif memberi dampak besar bagi capaian belajar dan budaya inovasi. Dokumen visi dan misi juga dapat dievaluasi secara periodik. Setiap dua tahun, tim pengembang sekolah dapat mengkaji ulang keselarasan antara visi-misi dengan praktik di lapangan. Proses ini dapat dilakukan melalui refleksi guru, masukan siswa, serta penilaian dampak dari proyek-proyek STEAM dan pembelajaran koding yang telah dilaksanakan.

Tidak kalah penting, keterlibatan guru dalam penyusunan visi dan misi sangatlah krusial. Proses kolaboratif ini membangun rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama terhadap arah baru sekolah. Guru bukan sekadar pelaksana, tetapi rekan pemimpin perubahan. Sekolah yang berhasil mengintegrasikan STEAM dan koding dalam visi-misi biasanya juga memiliki sistem pelatihan berkelanjutan, platform berbagi praktik, serta penghargaan bagi inovator pembelajaran. Ini menunjukkan bahwa visi tersebut benar-benar menjadi “roh” kehidupan sekolah, bukan sekadar dokumen formal yang dilupakan setelah akreditasi. Dalam konteks SMK, integrasi ini berdampak langsung pada kesiapan siswa menghadapi tantangan dunia kerja dan dunia wirausaha. STEAM dan koding memberi siswa keunggulan kompetitif dan fleksibilitas dalam berbagai lintasan karier, dari teknisi cerdas hingga wirausaha digital. Terakhir, sekolah dengan visi kuat berbasis STEAM dan koding akan lebih mampu merespons kebijakan pemerintah seperti *Revitalisasi SMK*, *Link & Match*, hingga *Digital Talent Development*. Visi yang visioner memberi arah, makna, dan keberanian untuk menavigasi masa depan pendidikan yang serba tak terduga.

## BAB 13.

### MANIFESTO GURU SMK ABAD 21

Di tengah derasny arus teknologi dan transformasi sosial, guru SMK berdiri di garis depan medan perubahan pendidikan. Mereka tidak lagi hanya dituntut mengajar keterampilan teknis, tetapi juga menghidupkan nilai, mengasah karakter, dan menanamkan kemampuan berpikir lintas-disiplin dalam diri siswa yang akan hidup dalam dunia yang tak lagi linear dan pasti. Era revolusi industri 4.0 yang berlanjut menuju society 5.0 menuntut lebih dari sekadar adaptasi; ia menuntut lompatan paradigma, dari pengajaran ke penciptaan pengalaman belajar yang memanusiaikan sekaligus memberdayakan. Bab ini merupakan manifestasi dari perjalanan panjang yang telah disusun dalam buku ini sebuah seruan kolektif, bukan sekadar simpulan teoretik. Di sini, guru SMK tidak dilihat sebagai pelaksana kurikulum semata, tetapi sebagai *visionary doers*, pelaku-pelaku perubahan yang menghidupkan STEAM, TPACK, dan inovasi pembelajaran bukan karena tren, tetapi karena panggilan etis untuk menyiapkan masa depan siswa dengan lebih bermakna.

Kita mengakui bahwa teknologi tidak menggantikan esensi guru. Sebaliknya, teknologi adalah alat untuk menyuarakan nilai, untuk memfasilitasi mimpi, dan untuk memperluas cakrawala pembelajaran. Maka, menjadi guru di abad 21 adalah soal keberanian untuk terus belajar, menyelami tantangan, dan mengintegrasikan teknologi dengan kemanusiaan mengajarkan koding, tetapi tetap membangun jiwa. Membuat proyek Arduino, namun tetap membentuk akhlak. Merancang pembelajaran visual, namun tetap menghadirkan relasi yang mendalam dan transformatif. Melalui Manifesto ini, kita meneguhkan kembali bahwa transformasi bukanlah pilihan, melainkan keniscayaan. Guru tidak bisa lagi berjalan sendiri; ia harus menjadi bagian dari ekosistem pembelajar, kolaborator perubahan, dan penggerak komunitas pendidikan yang tangguh, adaptif, serta bernurani. Manifesto ini juga menjadi pengingat: bahwa menjadi guru bukan hanya pekerjaan profesional, tetapi jalan pengabdian yang penuh kebijaksanaan, kecintaan, dan visi panjang ke depan.

Bab 13 tidak hanya merangkum, tetapi juga meneguhkan arah. Dari kapur ke cloud. Dari pengajar ke inovator. Dari rutinitas ke kebermaknaan. Ini adalah panggilan bagi para guru SMK untuk tidak hanya menjadi penghubung antara teori dan praktik, tetapi juga antara harapan dan kenyataan masa depan pendidikan Indonesia.

### **A. Mendidik dengan Teknologi dan Jiwa**

Dalam era yang ditandai oleh konektivitas digital dan percepatan teknologi, pendidikan sering kali terjebak dalam dikotomi antara modernisasi alat dan pengabaian nilai. Guru yang mendidik di abad ke-21, terlebih di lingkungan SMK yang sangat teknikal, kerap dihadapkan pada tekanan untuk terus mengikuti perkembangan perangkat lunak, platform pembelajaran daring, dan alat evaluasi digital. Namun, di tengah semua itu, yang tidak boleh hilang adalah jiwa dalam pendidikan roh yang menghidupkan ruang kelas, relasi yang membangun kepercayaan, dan kehadiran yang membentuk karakter. Teknologi memang telah memungkinkan pembelajaran menjadi lebih fleksibel, aksesibel, dan kontekstual. Namun, tanpa kehadiran seorang guru yang mampu memahami kebutuhan psikososial siswanya, yang mampu membimbing dengan empati dan visi, maka teknologi hanyalah instrumen kosong. Seperti yang dikemukakan oleh Fullan (2021), transformasi pendidikan bukan semata mengadopsi teknologi, tetapi mengadopsi cara berpikir baru yang mengutamakan relasi dan makna. Guru bukan hanya transmitter pengetahuan, tetapi interpreter nilai dan fasilitator kehidupan.

Dalam konteks SMK, mendidik dengan teknologi dan jiwa berarti menyinergikan instrumen digital dengan kedalaman manusiawi. Seorang guru otomotif yang mengajarkan pemrograman injeksi tidak hanya menjelaskan rumus dan alur logika, tetapi juga mengajarkan ketelitian, tanggung jawab, dan profesionalisme. Guru desain yang memperkenalkan aplikasi Figma atau Canva tidak hanya menuntut hasil akhir yang estetis, tetapi juga membentuk kepekaan artistik dan etika dalam berkarya. Penggunaan teknologi tidak boleh menghilangkan kontak emosional antara guru dan siswa. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kim et al. (2022), ditemukan bahwa pembelajaran daring yang sukses justru sangat dipengaruhi oleh faktor kehadiran sosial dan koneksi afektif antara guru dan murid. Maka, di sinilah urgensi mendidik dengan jiwa: menjadi figur

yang bukan hanya mengarahkan, tetapi juga menemani. Menjadi suara yang menenangkan di tengah kebingungan siswa yang mencari arah.

Jiwa dalam pendidikan juga menyangkut kepekaan untuk memahami latar belakang siswa. Di SMK, banyak siswa berasal dari keluarga marginal atau memiliki pengalaman hidup yang berat. Guru yang mampu menanamkan harapan melalui teknologi akan mengubah perangkat digital menjadi jembatan perbaikan hidup, bukan sekadar sarana administratif. Mereka yang bisa menyisipkan nilai-nilai integritas, kerja keras, dan spiritualitas dalam modul digital, sedang menanamkan kebajikan jangka panjang dalam format abad ke-21. Mendidik dengan jiwa menuntut kehadiran utuh. Kehadiran yang tidak bisa digantikan oleh chatbot, video animasi, atau artificial intelligence. Sebab hanya jiwa manusia yang dapat membaca tanda-tanda kegelisahan, menangkap keraguan dalam diam siswa, dan memberi makna dalam setiap pengajaran. Teknologi adalah alat, jiwa adalah pengarahnya. Gabungan keduanya menjadikan proses pembelajaran bukan hanya efektif, tetapi juga transformasional.

Mengintegrasikan teknologi dengan jiwa juga berarti merancang pembelajaran yang dialogis. Bukan sekadar ceramah satu arah yang kini berubah menjadi video monolog, melainkan pembelajaran yang membangkitkan pertanyaan, membuka ruang interpretasi, dan memberi tempat pada pengalaman siswa. Seperti kata Paulo Freire (1970), pendidikan sejati bukanlah proses deposisi informasi, melainkan dialog yang membebaskan. Maka, teknologi harus menjadi medium yang memfasilitasi kebebasan berpikir, bukan membelenggu dengan template kaku. Dalam praktiknya, guru dapat mengombinasikan platform digital seperti Google Classroom, Padlet, atau Edpuzzle dengan kegiatan reflektif yang mendorong siswa untuk menulis jurnal digital, berbagi mimpi mereka, atau menyampaikan pandangan mereka tentang isu sosial melalui coding, infografik, atau video singkat. Pembelajaran seperti ini tidak hanya meningkatkan keterampilan abad 21, tetapi juga menumbuhkan empati, kesadaran sosial, dan keberanian berekspresi.

Guru yang mendidik dengan teknologi dan jiwa adalah mereka yang tidak pernah lelah belajar, namun juga tidak pernah lupa mencintai. Mencintai muridnya, profesinya, dan masa depan yang sedang dibentuk bersama. Di tengah segala dinamika kurikulum

dan tekanan performa, mereka tetap hadir sebagai lentera yang menuntun siswa melewati gelapnya ketidaktahuan dan ketidakpastian.

Manifesto ini adalah ajakan untuk menjaga keseimbangan. Antara layar dan tatap muka. Antara otomatisasi dan perhatian personal. Antara inovasi dan nilai. Karena pada akhirnya, yang akan membekas dalam diri siswa bukanlah software atau rumus, tetapi rasa dihargai, didengarkan, dan disemangati oleh guru mereka. Mendidik dengan teknologi dan jiwa adalah bentuk keprofesionalan yang paling manusiawi. Ini bukan tentang menjadi serba bisa dalam IT, tetapi tentang menjadi sungguh hadir dalam relasi. Karena hanya guru yang menghadirkan jiwanya dalam kelas, yang mampu menghidupkan potensi sejati dari anak-anak Indonesia di abad 21.

## **B. Transformasi Bukan Pilihan, tapi Keniscayaan**

Transformasi dalam dunia pendidikan bukan lagi pilihan yang bisa diambil atau ditunda. Di tengah derasnya gelombang perubahan sosial, ekonomi, dan teknologi, transformasi menjadi jalan satu-satunya untuk menjaga relevansi, kualitas, dan daya saing pendidikan. Bagi guru SMK, yang berada di garda depan pendidikan vokasi, transformasi bukanlah tentang menyesuaikan diri secara pasif, melainkan tentang memimpin perubahan secara aktif dengan visi yang kuat dan komitmen yang kokoh. Pada era VUCA dan Society 5.0, di mana dunia kerja menuntut agility, critical thinking, kolaborasi global, dan kecakapan digital, guru tidak cukup hanya dengan menguasai konten. Mereka dituntut untuk menjadi *transformative educator* yang mampu menginspirasi, menggerakkan, dan memberdayakan siswa untuk berinovasi. Hal ini mengharuskan guru untuk terus belajar, mengevaluasi, dan memperbaiki pendekatan pengajarannya. Seperti yang disampaikan oleh Fullan (2019), transformasi pendidikan dimulai dari transformasi pribadi guru itu sendiri.

Transformasi juga menyangkut dimensi budaya profesional. Dari budaya kerja rutin ke budaya inovasi, dari pendekatan administratif ke pendekatan reflektif dan kolaboratif. Guru SMK perlu menyadari bahwa perubahan teknologi seperti AI, IoT, dan machine learning bukan hanya menjadi bahan ajar, melainkan juga bagian dari sistem kerja baru yang akan dihadapi lulusan mereka. Maka, pendidikan harus menjadi ruang pelatihan masa depan, bukan sekadar tempat pengulangan masa lalu. Lebih dari itu, transformasi

adalah keniscayaan karena siswa kita berubah. Generasi Z dan Alpha memiliki cara belajar, motivasi, dan nilai hidup yang jauh berbeda dengan generasi sebelumnya. Mereka digital-native, penuh energi eksplorasi, dan menghendaki pendidikan yang bermakna, personal, dan kontekstual. Guru tidak bisa lagi hanya menjadi penyampai materi, tetapi menjadi kurator pengalaman belajar yang otentik dan memerdekakan. Tanpa transformasi, pendidikan akan ditinggalkan oleh mereka yang justru paling kita harapkan untuk bertumbuh.

Kebijakan nasional seperti Kurikulum Merdeka sebenarnya telah membuka jalan untuk transformasi itu. Namun implementasinya hanya akan berhasil jika didukung oleh mindset dan aksi nyata para guru. Guru yang inovatif tidak menunggu perubahan datang dari atas, tetapi menciptakan ruang-ruang baru pembelajaran yang transformatif dari dalam kelas, dari hati, dan dari semangat untuk membuat perbedaan. Mereka tidak hanya mengikuti arus perubahan, tetapi menjadi gelombang perubahan itu sendiri. Perjalanan transformasi memang tidak mudah. Ia memerlukan keberanian untuk meninggalkan zona nyaman, membuka diri terhadap teknologi baru, serta mengatasi ketakutan terhadap kegagalan. Namun di balik setiap tantangan, ada peluang untuk tumbuh. Guru yang transformatif adalah mereka yang berani salah, cepat belajar, dan terus mencoba. Karena di era ini, stagnasi bukanlah stabilitas melainkan awal dari ketertinggalan.

Transformasi juga menuntut kolaborasi. Tidak ada guru yang bisa berubah sendirian. Dibutuhkan komunitas belajar, dukungan kepala sekolah, sinergi antar guru lintas keahlian, dan penguatan dari kebijakan sekolah. Ketika transformasi dipandang sebagai gerakan bersama, bukan beban individu, maka semangat perubahan akan tumbuh menjadi budaya sekolah yang hidup dan berkelanjutan. Akhirnya, transformasi bukan tentang menjadi sempurna, tetapi tentang menjadi relevan. Guru SMK yang transformatif adalah mereka yang sadar bahwa perubahan adalah bagian dari panggilan profesinya. Mereka adalah pionir di tengah perubahan zaman yang tidak hanya mengajarkan cara bekerja, tetapi juga cara berpikir, bermakna, dan menjadi manusia seutuhnya dalam realitas baru yang terus berubah.

## **C. Peran Etis dan Intelektual Guru Vokasi**

Di balik segala teknologi, kurikulum, dan metodologi yang berkembang, terdapat fondasi mendasar yang tak boleh luntur: *etos etis dan intelektual guru*. Guru vokasi bukan hanya pembimbing teknis atau pelatih keterampilan, melainkan pemikul tanggung jawab moral dan intelektual untuk membentuk insan yang unggul secara utuh berkompeten sekaligus berkarakter.

Dalam konteks pendidikan kejuruan, peran etis guru SMK memiliki bobot yang sangat tinggi. Guru bukan hanya mengajarkan cara menggunakan mesin atau perangkat lunak, tetapi juga mengajarkan cara menjadi pribadi yang bertanggung jawab, jujur dalam bekerja, dan disiplin dalam menjalankan tugas. Nilai-nilai seperti integritas, gotong royong, dan tanggung jawab sosial harus terinternalisasi dalam praktik pembelajaran sehari-hari. Tanpa nilai-nilai ini, keahlian teknis bisa menjadi kekuatan yang destruktif, bukan konstruktif. Etika dalam pembelajaran vokasi juga mencakup kepekaan terhadap keberagaman siswa. Guru SMK menghadapi siswa dari latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya yang sangat beragam. Maka, peran etis juga menyangkut keadilan dalam pelayanan pendidikan, empati terhadap keterbatasan siswa, dan kesediaan untuk menjadi pelindung sekaligus pengarah. Sebagaimana diingatkan oleh Freire (1998), pendidikan sejati lahir dari hubungan humanis dan pembebasan antara guru dan siswa bukan relasi dominasi atau transaksional semata.

Sementara itu, peran intelektual guru vokasi sering kali luput dari sorotan. Guru SMK kadang terjebak dalam identitas sebagai “praktisi teknis,” padahal mereka juga adalah intelektual yang memiliki kapasitas berpikir kritis, menganalisis realitas, dan menciptakan inovasi pembelajaran. Intelektualitas di sini tidak hanya berarti memiliki gelar atau publikasi, melainkan keberanian untuk berpikir reflektif, bertanya, dan memperbaiki terus-menerus kualitas praktik pengajarannya. Guru adalah pemikir praksis penggabungan antara akal dan tindakan. Menjadi guru yang etis dan intelektual juga berarti tidak sekadar menjalankan instruksi kurikulum, tetapi berani mengkritisi, menyesuaikan, dan bahkan mencipta kurikulum yang relevan dengan kebutuhan riil siswa. Di sinilah guru vokasi memiliki peran strategis dalam membangun kurikulum berbasis konteks industri lokal, kearifan lokal, dan isu global yang aktual. Transformasi kurikulum tak bisa dilepaskan dari kontribusi intelektual guru.

Dalam era digital, peran etis dan intelektual ini semakin penting. Ketika banyak sumber belajar tersedia di internet dan AI mampu menjawab sebagian besar pertanyaan teknis, siswa tidak lagi datang ke sekolah hanya untuk mencari informasi. Mereka datang untuk belajar nilai, mendapatkan inspirasi, dan merasakan relasi yang memantapkan. Guru lah yang menghadirkan makna itu. Maka, peran intelektualnya justru bukan sebagai penyampai informasi, tetapi sebagai kurator makna dan pengarah nilai. Guru vokasi yang memegang teguh etika dan intelektualitas juga berperan sebagai penjaga integritas profesi. Di tengah tuntutan administratif dan tekanan capaian, mereka tetap menjaga kesetiaan pada misi pendidikan: memerdekakan manusia. Mereka menolak manipulasi nilai, menentang pelanggaran etika profesional, dan berani bersuara untuk keadilan di sekolah. Guru seperti ini menjadi teladan, bukan karena kata-katanya, tetapi karena konsistensinya.

Pada akhirnya, peran etis dan intelektual guru vokasi menyatu dalam satu tujuan luhur: membentuk lulusan yang tidak hanya siap kerja, tetapi juga siap hidup. Mereka tak hanya memiliki keterampilan, tetapi juga nilai, karakter, dan kesadaran sosial. Guru lah yang menanamkan itu, melalui keteladanan dan keberanian berpikir kritis dalam dunia yang kompleks. Jika pendidikan adalah jalan untuk membangun peradaban, maka guru adalah peletak batu pertamanya. Dan batu pertama itu tak boleh rapuh ia harus kuat secara moral, dan kokoh secara intelektual.

#### **D. Harapan untuk Generasi Pendidik Mendatang**

Jika hari ini kita bicara tentang guru SMK yang harus melek teknologi, mampu menerapkan STEAM, paham TPACK, hingga mahir membimbing siswa membuat proyek berbasis mikrokontroler atau aplikasi sederhana, maka esok generasi pendidik mendatang dihadapkan pada tantangan yang jauh lebih kompleks. Namun, di balik kompleksitas itu ada cahaya harapan yang terang. Harapan bahwa mereka akan menjadi lebih dari sekadar pengajar, tetapi pemantik peradaban. Generasi pendidik mendatang bukan lagi sekadar pelaksana kurikulum, tetapi arsitek pembelajaran yang adaptif, kreatif, dan humanis. Mereka akan hidup di tengah ekosistem teknologi yang terus berevolusi AI generatif, robotika, bioteknologi, dan big data tetapi tetap membawa misi

abadi: memanusiaikan manusia. Maka harapan terbesar kita adalah bahwa mereka tak hanya cakap menggunakan teknologi, tetapi bijak memaknainya.

Pendidik masa depan tidak bisa hanya mengandalkan metodologi yang statis. Mereka harus menjadi *lifelong learner* yang gemar bereksperimen, reflektif terhadap praktiknya, dan terbuka pada umpan balik dari siswa, kolega, maupun komunitas profesinya. Harapan kita adalah mereka berani menyelam dalam ketidakpastian dan keluar dengan semangat inovasi, bukan ketakutan.

Lebih dari itu, kita berharap guru-guru mendatang tetap memiliki akar nilai yang kuat. Di tengah derasnya disrupsi, mereka harus tetap berpijak pada etika, empati, dan keberpihakan pada anak didik. Mereka tidak boleh kehilangan sensitivitas sosial hanya karena terpesona oleh kecanggihan teknologi. Harapan kita adalah mereka menjadi pendidik yang berpikir global, tetapi berhati lokal. Harapan juga tertuju pada kekuatan kolaboratif mereka. Tidak lagi bekerja sendiri dalam ruang kelas yang sunyi, tetapi menjadi bagian dari komunitas pembelajar aktif di dunia nyata maupun dunia maya. Mereka akan saling belajar, berbagi ide, dan membangun ekosistem pendidikan yang saling menguatkan. Mereka adalah jembatan antar generasi, antar budaya, antar disiplin.

Kita juga menaruh harapan pada keberanian mereka untuk menyuarakan keadilan dalam pendidikan. Bahwa mereka bukan hanya pekerja sistem, tetapi juga penggerak perubahan. Mereka akan bicara untuk siswa marginal, memperjuangkan akses yang merata, dan menolak praktik-praktik diskriminatif yang terselubung. Di pundak merekalah nilai-nilai keadaban pendidikan harus terus hidup. Di masa depan, guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi. Namun, justru karena itulah, harapan kita bertambah besar: bahwa guru menjadi pelatih berpikir kritis, fasilitator dialog terbuka, dan mentor dalam pengambilan keputusan. Mereka akan membantu siswa membedakan antara data dan hikmah, antara opini dan fakta, antara kebebasan dan tanggung jawab.

Pendidik generasi baru diharapkan mampu menjembatani sains dan seni, teknologi dan budaya, kerja dan makna. Mereka akan membimbing siswa untuk tidak hanya menciptakan produk, tetapi juga memaknai proses. Tidak hanya untuk mendapat nilai, tetapi untuk membentuk nilai hidup. Tidak hanya untuk siap kerja, tetapi siap hidup dalam realitas yang kompleks dan tak pasti. Dalam konteks SMK, harapan kita adalah

bahwa guru-guru mendatang mampu membongkar sekat antara "kejuruan" dan "kemanusiaan." Mereka akan menjadikan praktik belajar sebagai lumbung pembentukan karakter, kreativitas, dan daya juang. Di tangan mereka, pembelajaran otomotif bisa menjadi ruang pembentukan tanggung jawab. Pembelajaran kuliner menjadi laboratorium kepemimpinan. Dan pembelajaran animasi menjadi medium ekspresi jati diri. Kita juga berharap bahwa sistem pendidikan memberi ruang bagi mereka untuk berkembang, bukan hanya membebani. Bahwa mereka akan mendapatkan pelatihan yang kontekstual, penghargaan yang manusiawi, dan kebijakan yang mendukung pembaruan. Harapan kita adalah sekolah menjadi tempat subur untuk tumbuhnya guru-guru masa depan yang autentik dan bermakna.

Akhirnya, harapan untuk generasi pendidik mendatang bukan sekadar daftar cita-cita. Ia adalah undangan. Undangan bagi semua pemangku kepentingan pendidikan untuk ikut menciptakan kondisi yang memungkinkan harapan itu tumbuh. Dari ruang kelas hingga ruang rapat, dari komunitas guru hingga pembuat kebijakan. Karena masa depan pendidikan tidak diciptakan oleh kebetulan, tapi oleh keberanian mereka yang mau bermimpi, mau beraksi, dan mau berubah. Dan pada generasi pendidik mendatang, kita titipkan bukan hanya ilmu, tetapi harapan. Bukan hanya keterampilan, tetapi nilai-nilai yang menghidupkan.

## E. Epilog: Dari Kapur ke Cloud – Dari Pengajar ke Inovator

Perjalanan panjang guru SMK di abad 21 tidak lagi dimulai dengan suara gesekan kapur di papan tulis, tetapi dengan ketukan jari di layar digital. Kapur putih yang pernah menjadi simbol kekuasaan pengajar kini digantikan oleh sinyal Wi-Fi, papan pintar, aplikasi kolaboratif, dan ruang kelas maya. Namun, esensi mendidik tak pernah berubah: menghadirkan makna dalam setiap proses belajar. Era baru pendidikan bukan sekadar era teknologi, tetapi era transformasi paradigma. Kita tidak lagi mendidik untuk mencetak pekerja, melainkan untuk melahirkan pemecah masalah, pencipta nilai, dan penjaga nurani. Di sinilah posisi guru berubah secara mendasar. Mereka tidak lagi hanya mengajar mereka mencipta, menavigasi, dan menginspirasi.

Perubahan ini bukan sekadar berpindah alat. Ini adalah pergeseran identitas. Guru yang dulu hanya dituntut untuk menyampaikan materi, kini ditantang untuk

menyusun pengalaman belajar yang otentik, adaptif, dan berbasis teknologi. Mereka menjadi kurator konten, fasilitator proses, penggerak kreativitas, dan pelatih karakter. Mereka harus tangkas dalam teknologi, cakap dalam komunikasi, dan jernih dalam kontemplasi. Epilog ini bukan hanya penutup buku. Ia adalah gerbang pembuka. Sebuah ajakan untuk terus bergerak dari zona nyaman menuju zona tantangan. Dari pengajaran konvensional menuju pembelajaran yang bermakna. Dari kebiasaan ke inovasi. Dari rutinitas ke refleksi. Dari sekadar hadir di kelas, menuju hadir secara utuh dalam kehidupan siswa.

Dunia yang kita hadapi saat ini bergerak lebih cepat daripada buku panduan yang tersedia. Maka guru tidak bisa terus menunggu pelatihan atau arahan. Guru harus menjadi pembelajar utama. Bukan hanya belajar dari pelatihan formal, tetapi dari interaksi dengan siswa, eksperimen di kelas, dialog lintas disiplin, dan komunitas belajar yang saling menyemangati. Dalam bayangan masa depan, guru SMK bukan lagi berdiri di balik meja. Mereka berdiri di antara siswa, di tengah dunia yang kompleks. Mereka bukan hanya menjadi narator, tetapi navigator. Bukan hanya sumber pengetahuan, tetapi penyalur semangat dan daya cipta. Mereka hadir tidak untuk menyelesaikan persoalan siswa, tetapi untuk memberi keberanian bahwa siswa mampu mengatasinya. Guru SMK di abad 21 harus berani meninggalkan paradigma “pengajar satu-satunya” dan menjelma sebagai inovator yang mampu merancang proses belajar kontekstual, menyatu dengan kehidupan, dan berdampak jangka panjang. Dalam setiap proyek, eksperimen, atau simulasi yang mereka fasilitasi, ada jejak perubahan yang mungkin tidak langsung terlihat, tapi mengakar kuat dalam diri siswa.

Transformasi digital bukan akhir dari peran guru, melainkan awal dari penegasan jati diri baru. Di dunia yang semakin terdigitalisasi, justru keberadaan guru yang manusiawi, adaptif, dan reflektif menjadi kunci penyeimbang. Di tengah algoritma, suara guru masih dibutuhkan. Di tengah mesin cerdas, kebijaksanaan manusiawi guru tetap menjadi penentu arah. Akhir dari tulisan ini adalah awal dari perubahan besar yang sedang kita ciptakan bersama. Bukan sekadar berpindah alat dari kapur ke cloud, tetapi berpindah jiwa dari pengajar pasif menjadi inovator aktif. Dari peran statis menjadi agen perubahan. Dari rutinitas ke transformasi. Dari mengulang silabus ke merancang masa depan.

Dan ketika kelak kita menoleh ke belakang, kita akan tahu bahwa bukan teknologi yang menjadi pahlawan pendidikan. Tetapi para guru, yang dengan cinta, keberanian, dan visi, memilih untuk terus belajar, terus menginspirasi, dan terus hadir. Dari kapur ke cloud, dari pengajar ke inovator itulah kisah kita bersama.

## LAMPIRAN

### Lampiran

#### RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP) STEAM-TPACK

<b>Satuan Pendidikan</b>	: SMK Negeri 1 Inovasi
<b>Mata Pelajaran</b>	: Produk Kreatif dan Kewirausahaan
<b>Kelas/Semester</b>	: XI / Genap
<b>Durasi</b>	: 3 x 45 menit
<b>Topik Proyek</b>	: <i>Desain Produk Ramah Lingkungan Berbasis Arduino</i>
<b>Model Pembelajaran</b>	: Project-Based Learning dengan pendekatan

STEAM-TPACK

#### I. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti proses pembelajaran, peserta didik diharapkan dapat:

1. Mengintegrasikan konsep sains (energi, lingkungan) dan teknologi dalam desain produk inovatif.
2. Menggunakan mikrokontroler (Arduino) sebagai komponen teknologi dalam produk.
3. Merancang produk yang memperhatikan aspek estetika (Arts) dan fungsi teknis (Engineering).
4. Menggunakan perangkat lunak desain digital (Tinkercad/Fritzing) dalam proses perancangan.
5. Berkolaborasi dalam kelompok lintas kompetensi untuk menghasilkan proyek terpadu.
6. Mempresentasikan hasil proyek dengan argumentasi logis dan dokumentasi digital.

#### II. Materi Pokok

1. Pengenalan konsep energi terbarukan dan efisiensi energi
2. Penggunaan mikrokontroler Arduino
3. Desain fungsional dan estetika produk
4. Software simulasi rangkaian (Tinkercad, Fritzing)
5. Prinsip dasar elektronika dan sensor

6. Perencanaan bisnis sederhana produk inovatif

#### III. Pendekatan TPACK dalam RPP

Aspek	Implementasi dalam RPP
<b>Technological Knowledge (TK)</b>	Arduino, Fritzing, Canva, Google Sites
<b>Pedagogical Knowledge (PK)</b>	Project-Based Learning, Kolaboratif, Reflektif
<b>Content Knowledge (CK)</b>	Energi terbarukan, Elektronika dasar, Desain produk

#### IV. Kegiatan Pembelajaran

##### A. Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

1. Guru menampilkan video produk inovatif ramah lingkungan berbasis Arduino
2. Ice breaking: "Problem of the Day" (Mengapa produk ramah lingkungan penting untuk masa depan?)
3. Menyampaikan tujuan pembelajaran dan tahapan proyek

##### B. Kegiatan Inti (100 menit)

Tahap	Aktivitas
<b>1. Stimulation</b>	Siswa mengidentifikasi masalah lingkungan di sekitar sekolah
<b>2. Problem Statement</b>	Kelompok menyusun rumusan masalah dan ide solusi dalam bentuk produk
<b>3. Data Collection</b>	Mencari referensi online, tutorial Arduino, dan teknik desain produk
<b>4. Design &amp; Prototype</b>	Mendesain produk menggunakan software desain (Tinkercad/Fritzing) dan mulai merakit
<b>5. Testing &amp; Iteration</b>	Menguji fungsionalitas produk, memperbaiki kekurangan

Tahap	Aktivitas
6. Presentation	Mempresentasikan produk di depan kelas, membuat poster digital dan e-portofolio

### C. Penutup (20 menit)

1. Refleksi individu dan kelompok
2. Guru memberikan umpan balik dan pertanyaan terbuka
3. Siswa mengisi jurnal refleksi digital

### V. Penilaian

Aspek yang Dinilai	Instrumen	Kriteria
Pemahaman Konsep	Kuis digital (Google Form)	>70% benar
Keterampilan Teknologi	Rubrik observasi Arduino & software desain	Baik-Sangat Baik
Kolaborasi Tim	Observasi + Peer Assessment	Aktif berkontribusi
Presentasi & Argumentasi	Rubrik presentasi	Sistematis, jelas, kreatif
Refleksi Belajar	Jurnal refleksi digital	Autentik dan mendalam

### VI. Sumber Belajar dan Media

1. Video YouTube (Produk inovatif Arduino)
2. Modul "Belajar Arduino untuk Pemula"
3. Website: [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com), [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
4. Google Sites untuk publikasi proyek
5. Canva untuk desain poster

### VII. Penilaian Lanjutan (Follow-Up)

1. Guru membuat blog showcase karya siswa
2. Sekolah mengadakan pameran mini atau expo inovasi
3. Guru dan siswa melakukan evaluasi dampak sosial produk melalui wawancara sederhana

### Lampiran

Rubrik Penilaian Proyek

**Judul Proyek** : Desain Produk Inovatif Berbasis Arduino

**Mata Pelajaran** : Produk Kreatif dan Kewirausahaan

**Penilaian oleh** : Guru / Peer Review

Aspek yang Dinilai	Indikator	Skor 1 (Kurang)	Skor 2 (Cukup)	Skor 3 (Baik)	Skor 4 (Sangat Baik)
<b>Inovasi &amp; Orisinalitas</b>	Gagasan proyek unik, sesuai kebutuhan kontekstual	Imitasi tanpa modifikasi	Modifikasi sederhana	Kombinasi ide orisinal	Solusi unik & inovatif, berbasis konteks lokal
	<b>Integrasi STEAM</b>	Sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika saling terhubung	Hanya 1 bidang yang dominan	2-3 bidang terlibat	4 bidang terhubung
<b>Pemanfaatan Teknologi (TPACK)</b>	Penggunaan mikrokontroler dan aplikasi desain	Tidak digunakan	Digunakan terbatas	Digunakan fungsional	Digunakan optimal & kreatif

Aspek yang Dinilai	Indikator	Skor 1 (Kurang)	Skor 2 (Cukup)	Skor 3 (Baik)	Skor 4 (Sangat Baik)
<b>Estetika &amp; Fungsionalitas Produk</b>	Penampilan produk, ergonomis, dan berfungsi	Tidak menarik, tidak berfungsi	Menarik tapi belum fungsional	Menarik & fungsional sebagian	Menarik, ergonomis, fungsional penuh
<b>Kolaborasi Tim</b>	Peran aktif dalam tim, komunikasi dan kerja sama	Tidak terlibat aktif	Terlibat terbatas	Aktif sebagian	Aktif penuh, membangun sinergi
<b>Presentasi &amp; Komunikasi</b>	Penyampaian ide, dokumentasi visual, penguasaan materi	Kurang percaya diri, tidak sistematis	Cukup sistematis	Jelas, sistematis	Meyakinkan, logis, didukung data

**Total Skor Maksimal: 24**

Skor 20–24 = Sangat Baik | 16–19 = Baik | 12–15 = Cukup | <12 = Perlu Perbaikan

**Template e-Portfolio Guru/Siswa (Format Google Sites / Slide / Docs)**

**Halaman e-Portfolio:**

**1. Beranda**

- a. Nama Proyek
- b. Anggota Tim
- c. Latar Belakang & Tujuan Proyek
- d. Logo Proyek (opsional)

**2. Proses Belajar**

- a. Foto proses kerja

- b. Tahapan PBL: dari ide hingga implementasi
- c. Video singkat proses kerja (jika ada)

**3. Dokumentasi Desain**

- a. Screenshot desain Tinkercad / Fritzing
- b. Kode Arduino (jika ada)
- c. Skema wiring & bahan yang digunakan

**4. Hasil Proyek**

- a. Foto/video produk jadi
- b. Deskripsi fungsi & inovasi produk
- c. Poster promosi produk

**5. Refleksi Individu & Kelompok**

- a. Apa yang dipelajari
- b. Tantangan & solusi
- c. Pelajaran untuk proyek selanjutnya

**6. Umpan Balik**

- a. Peer review
- b. Saran dari guru / ahli

**Lembar Jurnal Refleksi Harian (Untuk Guru dan Siswa)**

Tanggal	Apa yang Saya Lakukan Hari Ini?	Apa yang Saya Pelajari?	Kesulitan yang Dihadapi	Solusi atau Ide untuk Mengatasinya
...	...	...	...	...

Catatan: Guru bisa mengumpulkan jurnal ini per minggu untuk refleksi mingguan & evaluasi siklus PBL.

## Lampiran

Template Desain Modul

### A. Identitas Modul

1. **Judul Modul** :
2. **Mata Pelajaran** :
3. **Fase / Kelas / Semester** :
4. **Waktu Pelaksanaan** : (mis. 3 x 90 menit)
5. **Nama Guru / Tim Pengembang** :

### B. Deskripsi Umum

1. Ringkasan isi modul dalam 5–7 kalimat.
2. Menyebutkan fokus STEAM, keterpaduan TPACK, dan hasil akhir yang diharapkan.

### C. Capaian Pembelajaran

1. **CP Kurikulum Merdeka:**
2. **Tujuan Pembelajaran** (SMART: Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time-bound)
3. **Elemen Profil Pelajar Pancasila:**
  - a. Beriman dan bertakwa
  - b. Mandiri
  - c. Bernalar kritis
  - d. Kreatif
  - e. Gotong royong
  - f. Berkebinekaan global

#### D. Pemetaan STEAM & TPACK

Aspek	Elemen yang Dilibatkan
S (Science)	...
T (Technology)	...
E (Engineering)	...
A (Arts/Design)	...
M (Mathematics)	...
TPACK	Teknologi (T): ... Pedagogi (P): ... Konten (CK): ...

#### E. Aktivitas Pembelajaran (berbasis PBL/Project)

Tahapan	Aktivitas Siswa	Peran Guru	Media/Alat	Output
1. <b>Orientasi Masalah</b>	Menjelajahi studi kasus atau masalah nyata	Fasilitator, pemberi konteks	Video, artikel, studi lapangan	Kebutuhan proyek
2. <b>Ideasi &amp; Perancangan</b>	Membuat sketsa ide atau prototipe awal	Membimbing brainstorming	Canva, kertas kerja, papan tulis	Draft solusi
3. <b>Eksplorasi &amp; Penerapan</b>	Melakukan eksperimen, coding, atau pembuatan produk	Menyediakan alat, menyupervisi keamanan	Arduino, komputer, alat praktik	Produk awal

Tahapan	Aktivitas Siswa	Peran Guru	Media/Alat	Output
4. <b>Presentasi &amp; Refleksi</b>	Presentasi hasil dan membuat refleksi	Memberi umpan balik dan rubrik	PPT, rubrik, e-portfolio	Evaluasi proyek
5. <b>Revisi &amp; Publikasi</b>	Memperbaiki karya dan mendokumentasikan	Fasilitator akhir dan evaluator	Kamera, website sekolah	Produk final + dokumentasi

#### F. Instrumen Penilaian

1. **Penilaian Formatif:** observasi, pertanyaan lisan, refleksi harian
2. **Penilaian Sumatif:** presentasi proyek, rubrik produk, e-portfolio
3. **Rubrik Penilaian:** [disesuaikan dari rubrik proyek yang sebelumnya]
4. **Refleksi Individu & Tim**

#### G. Penguatan Literasi & Numerasi

1. Contoh kegiatan membaca literatur, menghitung estimasi biaya produksi, atau grafik hasil survei sederhana.

#### H. Penguatan Soft Skills dan Karakter

1. Kepemimpinan, kolaborasi, pemecahan masalah, komunikasi, ketekunan, dan empati.

## I. Diferensiasi Pembelajaran

1. **Isi:** materi tambahan untuk siswa cepat / dukungan visual untuk siswa lambat
2. **Proses:** metode pembelajaran campuran (video, praktik, diskusi)
3. **Produk:** variasi output (poster, coding, mini dokumenter)

## J. Dokumentasi Belajar

1. Link Google Drive portofolio
2. Foto/video proses
3. Lembar kerja siswa

## K. Sumber Belajar

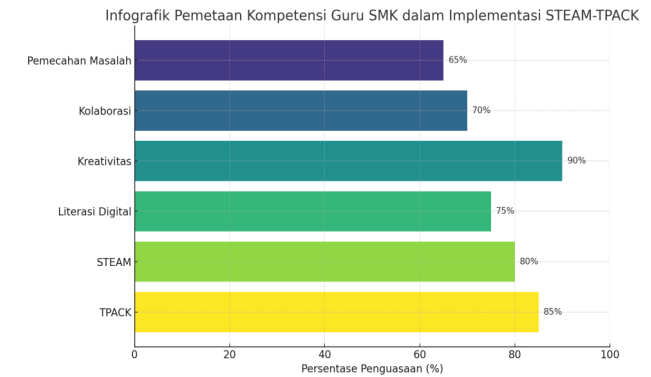
1. Buku teks / modul digital
2. Website edukatif (mis. code.org, Arduino IDE, Canva, Tinkercad)
3. Narasumber / DUDI

## L. Referensi

1. Daftar pustaka (minimal 5) yang digunakan guru saat menyusun modul, mengacu pada standar APA / IEEE jika diperlukan.

## Lampiran

### Infografik Pemetaan Kompetensi



Sumber infografik Pemetaan Kompetensi Guru SMK dalam Implementasi STEAM-TPACK disusun berdasarkan sintesis dari berbagai referensi ilmiah mutakhir dan kerangka regulasi nasional. Berikut adalah daftar rujukan utama yang menjadi landasan desain infografik tersebut:

#### Referensi Teoretik dan Akademik:

1. Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
2. Herro, D., & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: Implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416–438.
3. Henriksen, D., Mishra, P., & Fisser, P. (2016). Infusing creativity and technology in 21st century education: A systemic view for change. *Education Tech Research Dev*, 64, 1–19.
4. Ng, W. (2020). *Technology Integration and STEAM Education: Teachers' Competency Framework*. Singapore: Springer.

5. Annetta, L. A., Cheng, M-T., & Holmes, S. Y. (2010). Assessing twenty-first century skills through a teacher created video game for high school biology students. *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 101–114.

Referensi Kontekstual Indonesia:

6. Kemdikbudristek (2022). *Panduan Implementasi Kurikulum Merdeka*. Jakarta: Direktorat Jenderal GTK.
7. Pusmenjar Kemendikbud (2021). *Profil Pelajar Pancasila dalam Pembelajaran Interdisipliner*.
8. BSKAP Kemendikbud (2023). *Kerangka Kompetensi Guru Abad 21 dan Literasi Digital Nasional*.
9. UNESCO (2018). *ICT Competency Framework for Teachers (Version 3)*. Paris: UNESCO.

## Lampiran

Checklist Implementasi di Sekolah

### 1. KEBIJAKAN DAN DUKUNGAN MANAJERIAL

1. Visi dan misi sekolah memuat integrasi teknologi dan inovasi pembelajaran
2. Ada regulasi internal (SK, SOP) mendukung pembelajaran STEAM & TPACK
3. Kepala sekolah dan Waka Kurikulum terlibat aktif dalam pengembangan inovasi
4. Alokasi anggaran tahunan untuk pelatihan guru STEAM–TPACK–Coding
5. Kemitraan dengan DUDI, universitas, atau komunitas digital
6. Evaluasi berkala program inovasi berbasis TIK dilakukan

### 2. PENGEMBANGAN KOMPETENSI GURU

1. Guru telah mengikuti pelatihan TPACK dan Coding dasar
2. Tersedia komunitas belajar guru (KLG) atau MGMP internal
3. Ada mentoring atau coaching rutin antar guru
4. Guru memiliki portofolio proyek pembelajaran STEAM atau berbasis Coding
5. Pelatihan menggunakan pendekatan *microlearning* & *project-based*

### 3. PERENCANAAN PEMBELAJARAN

1. RPP atau Modul ajar mengandung unsur STEAM dan TPACK
2. Tujuan pembelajaran mengarah pada kompetensi abad 21 (4C + Digital Literacy)
3. Proyek dirancang berbasis masalah otentik dan interdisipliner
4. Penilaian mencakup rubrik kolaborasi, kreativitas, dan produk digital
5. Setiap mata pelajaran memiliki proyek lintas mapel minimal satu kali per semester

### 4. PELAKSANAAN DI KELAS

1. Siswa mengerjakan proyek berbasis coding atau teknologi terapan
2. Ada penggunaan platform pembelajaran digital (Google Classroom, LMS, dsb)
3. Guru menggunakan media interaktif (Canva, Scratch, Microbit, dsb)
4. Refleksi dilakukan di akhir proyek melalui jurnal, video, atau diskusi kelas

5. Ada pemanfaatan mikro-kontroler atau perangkat IoT sederhana

### 5. ASESMEN DAN MONITORING

1. Digunakan rubrik asesmen yang mengukur proses dan produk
2. Guru menggunakan e-portfolio untuk dokumentasi hasil belajar
3. Siswa mengisi jurnal reflektif setelah kegiatan proyek
4. Ada review proyek oleh guru lintas mata pelajaran
5. Hasil belajar dipresentasikan dalam forum internal sekolah

### 6. DOKUMENTASI DAN PUBLIKASI

1. Proyek siswa terdokumentasi dalam bentuk video, foto, dan artikel
2. Ada laman khusus atau media sosial sekolah untuk menampilkan inovasi pembelajaran
3. Guru menyusun laporan praktik baik atau menjadi narasumber dalam pelatihan
4. Sekolah menyusun buku/katalog *best practices* guru SMK

## Lampiran

### Panduan Evaluasi Penerapan TPACK

#### 1. Tujuan Evaluasi

1. Menilai kesiapan dan kompetensi guru dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran.
2. Memonitor konsistensi dan efektivitas penggunaan pendekatan TPACK dalam praktik mengajar.
3. Memberikan umpan balik untuk pengembangan profesionalisme guru secara berkelanjutan.

#### 2. Dimensi Evaluasi TPACK

Dimensi Utama	Deskripsi Evaluasi	Contoh Indikator
<b>Content Knowledge (CK)</b>	Penguasaan guru terhadap materi pelajaran secara mendalam.	Materi disampaikan sesuai kurikulum Dapat menjelaskan konsep rumit dengan sederhana
<b>Pedagogical Knowledge (PK)</b>	Pengetahuan tentang strategi, pendekatan, dan metode pembelajaran.	Menggunakan pendekatan diferensiasi Memfasilitasi pembelajaran aktif
<b>Technological Knowledge (TK)</b>	Pengetahuan dan keterampilan dalam penggunaan teknologi digital.	Menggunakan aplikasi digital untuk belajar Memanfaatkan media visual dan interaktif
<b>PCK (Pedagogical Content Knowledge)</b>	Kemampuan mengajarkan konten dengan strategi pedagogik yang tepat.	Menyesuaikan metode mengajar dengan tingkat kesulitan materi

Dimensi Utama	Deskripsi Evaluasi	Contoh Indikator
<b>TCK (Technological Content Knowledge)</b>	Menggunakan teknologi untuk menjelaskan atau memvisualkan konten.	Menggunakan simulasi atau video interaktif untuk menjelaskan konsep
<b>TPK (Technological Pedagogical Knowledge)</b>	Integrasi teknologi untuk mendukung strategi mengajar.	Menggunakan polling, kuis interaktif, atau LMS dalam mengelola kelas
<b>TPACK (Terpadu)</b>	Harmoni dari semua aspek dalam pembelajaran.	Pembelajaran menunjukkan integrasi teknologi, pedagogi, dan konten secara menyatu dan bermakna

Aspek	Indikator	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4
	karakteristik siswa				
Visualisasi Konten	Guru menggunakan media digital untuk menjelaskan konsep	Tidak digunakan	Sedikit digunakan	Digunakan cukup baik	Digunakan secara kreatif dan mendalam
Aktivitas Siswa	Siswa aktif menggunakan teknologi untuk belajar	Tidak aktif	Kurang aktif	Cukup aktif	Sangat aktif dan mandiri

### 3. Format Evaluasi

#### A. Rubrik Observasi Praktik Mengajar Berbasis TPACK (Skala 1-4)

Aspek	Indikator	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4
Integrasi TIK	Guru menggunakan teknologi yang relevan dengan tujuan pembelajaran	Tidak ada penggunaan teknologi	Teknologi digunakan tetapi tidak relevan	Teknologi digunakan secara relevan	Teknologi digunakan dengan tepat, memperkuat hasil belajar
Strategi Pembelajaran	Metode disesuaikan dengan	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Umum & adaptif	Disesuaikan dan berdiferensiasi

#### B. Checklist Refleksi Diri Guru

1. Saya menyusun RPP dengan memperhatikan aspek TPACK
2. Saya menggunakan minimal satu aplikasi edukatif dalam proses pembelajaran
3. Saya menilai hasil belajar tidak hanya dari tes, tetapi juga proyek digital
4. Saya memberikan tugas yang memungkinkan siswa mengeksplorasi teknologi
5. Saya merefleksikan kelebihan dan kekurangan penggunaan teknologi setiap minggu

#### 4. Instrumen Tambahan

1. Lembar Observasi Kelas oleh kepala sekolah/pengawas
2. Jurnal Refleksi Mingguan Guru terkait penggunaan TIK dan pedagogi
3. Portofolio Digital Guru, berisi RPP, video pembelajaran, dan proyek siswa
4. Kuesioner Siswa, untuk menilai persepsi dan pengalaman terhadap pembelajaran berbasis teknologi

## 5. Tips Implementasi Evaluasi

1. Lakukan observasi minimal 2x dalam satu semester.
2. Gabungkan evaluasi kuantitatif (rubrik) dan kualitatif (refleksi, portofolio).
3. Gunakan hasil evaluasi sebagai dasar coaching atau pelatihan guru.
4. Kembangkan komunitas belajar guru (KLG) untuk berbagi praktik baik.

## Lampiran

Daftar Tools & Platform Koding Gratis

### A. Tools Visual Programming (Cocok untuk Pemula dan Non-TIK)

Nama	Jenis	Fitur Utama	Alamat
Scratch	Block-based	Buat animasi, game, storytelling	<a href="http://scratch.mit.edu">scratch.mit.edu</a>
Blockly	Block-based + JavaScript	Visual editor dari Google	<a href="http://developers.google.com/blockly">developers.google.com/blockly</a>
Tynker	Block-based	Cocok untuk pelajar vokasi dan pemula	<a href="http://tynker.com">tynker.com</a>
Code.org	Block + Text	Banyak tutorial interaktif	<a href="http://code.org">code.org</a>

### B. Tools Microcontroller & Robotika Sederhana

Nama	Fungsi	Kompatibel dengan	Alamat
Arduino IDE Online	Coding microcontroller	Arduino Uno, Nano	<a href="http://create.arduino.cc">create.arduino.cc</a>
Tinkercad Circuits	Simulasi rangkaian elektronik	Arduino, sensor, LED	<a href="http://tinkercad.com">tinkercad.com</a>
mBlock	Scratch untuk robotik	mBot, Arduino	<a href="http://mblock.makeblock.com">mblock.makeblock.com</a>
Open Roberta Lab	Coding robot dengan Blockly	Lego, Arduino, Calliope	<a href="http://lab.open-roberta.org">lab.open-roberta.org</a>

### C. Web Editor & Platform Koding Berbasis Teks

Nama	Bahasa	Fitur	Alamat
Replit	Python, HTML, JS, C++, dll	Kolaboratif & berbasis cloud	<a href="https://replit.com">replit.com</a>
Glitch	HTML, CSS, JS	Proyek website cepat & sharing	<a href="https://glitch.com">glitch.com</a>
JSFiddle	JS, HTML, CSS	Untuk simulasi proyek kecil	<a href="https://jsfiddle.net">jsfiddle.net</a>
Thonny IDE	Python	Ringan & cocok untuk pemula	<a href="https://thonny.org">thonny.org</a>

### D. Aplikasi Mobile Coding Edukatif

Nama	Platform	Bahasa	Keterangan
Grasshopper (by Google)	Android/iOS	JavaScript	Cocok untuk latihan logika
SoloLearn	Android/iOS	Multi (Python, C++, Java)	Komunitas & kuis belajar
Enki	Android/iOS	Multi	Microlearning untuk guru

### E. Platform Belajar & Tutorial Gratis

Platform	Kelebihan	Alamat
Khan Academy - Computing	Belajar programming dasar	<a href="https://khanacademy.org/computing">khanacademy.org/computing</a>
FreeCodeCamp	Sertifikasi + latihan coding	<a href="https://freecodecamp.org">freecodecamp.org</a>
Programiz	Belajar coding via latihan	<a href="https://programiz.com">programiz.com</a>
Coursera - Audit Mode	Belajar coding gratis (tanpa sertifikat)	<a href="https://coursera.org">coursera.org</a>

### Tips Pemanfaatan Tools oleh Guru SMK Non-TIK

1. **proyek** mereka di Glitch atau GitHub Pages.

## GLOSARIUM

### **Asesmen Autentik**

Metode penilaian yang mengukur kemampuan siswa melalui tugas-tugas nyata dan kontekstual, seperti proyek, presentasi, atau produk yang relevan dengan kehidupan dan dunia kerja.

### **Blockly**

Bahasa pemrograman visual berbasis blok (drag and drop) yang dikembangkan oleh Google, dirancang untuk memudahkan pemula memahami konsep koding secara intuitif.

### **Coding**

Proses memberi instruksi kepada komputer dalam bentuk bahasa pemrograman agar dapat menjalankan tugas tertentu. Disebut juga pemrograman komputer.

### **Computational Thinking**

Kemampuan berpikir logis, sistematis, dan terstruktur untuk memecahkan masalah kompleks menggunakan prinsip-prinsip ilmu komputer.

### **Design Thinking**

Pendekatan kreatif dalam memecahkan masalah yang berfokus pada empati, eksplorasi ide, pembuatan prototipe, dan pengujian solusi inovatif.

### **e-Portfolio**

Kumpulan digital dari karya siswa atau guru (artefak pembelajaran) yang merepresentasikan proses, kemajuan, dan hasil belajar secara reflektif.

### **Interdisiplin**

Pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan dua atau lebih mata pelajaran untuk menyelesaikan masalah atau proyek yang kompleks dan kontekstual.

### **IoT (Internet of Things)**

Teknologi yang menghubungkan perangkat fisik dengan internet sehingga dapat saling bertukar data dan dikendalikan secara otomatis.

### **Kurikulum Merdeka**

Kebijakan pendidikan Indonesia yang memberikan fleksibilitas kepada guru untuk mengembangkan pembelajaran berbasis diferensiasi, proyek, dan kebutuhan siswa.

### **Learning Management System (LMS)**

Platform digital yang digunakan untuk merancang, melaksanakan, dan mengelola pembelajaran daring, seperti Google Classroom, Moodle, atau Edmodo.

### **Maker Education**

Pendekatan pendidikan yang menekankan praktik langsung (hands-on learning) melalui kegiatan membuat, mencipta, dan merakit sebagai bentuk eksplorasi pembelajaran.

### **Microlearning**

Strategi pelatihan berbasis konten kecil, ringkas, dan fokus yang bisa dipelajari dalam waktu singkat dan seringkali berbasis digital.

### **Mikrokontroler**

Komponen elektronika kecil (seperti Arduino) yang bisa diprogram untuk mengendalikan berbagai perangkat dan sensor dalam proyek teknologi.

### **PjBL (Project-Based Learning)**

Model pembelajaran yang berpusat pada proyek nyata sebagai sarana untuk mencapai kompetensi pembelajaran secara menyeluruh.

### **Refleksi Guru**

Kegiatan berpikir kritis dan evaluatif oleh guru terhadap praktik pembelajaran mereka sendiri untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran.

### **Rubrik Penilaian**

Instrumen penilaian yang berisi kriteria-kriteria dan indikator dengan skala nilai untuk menilai kualitas hasil kerja atau performa siswa secara objektif.

### **Scratch**

Bahasa pemrograman visual yang dikembangkan oleh MIT untuk anak-anak dan pemula, digunakan untuk membuat animasi, game, dan cerita interaktif.

## STEAM

Pendekatan pembelajaran integratif yang mencakup lima bidang: Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics, untuk mempersiapkan siswa menghadapi dunia nyata secara kreatif dan kolaboratif.

## TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge)

Kerangka pengetahuan profesional guru yang mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten secara sinergis untuk pembelajaran yang efektif.

## Visual Programming

Jenis pemrograman yang menggunakan antarmuka grafis berupa blok atau elemen visual lain, sehingga tidak memerlukan penulisan sintaks kode secara manual.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arias, A. M., & Davis, E. A. (2020). *Teachers' use of curriculum materials to support three-dimensional science instruction*. *Journal of Science Teacher Education*, 31(7), 764–784. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1744865>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2)
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131–152. <https://doi.org/10.2190/0EW7-01WB-BKHL-QDYV>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Partnership for 21st Century Skills. (2019). *Framework for 21st Century Learning*. <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- UNESCO. (2021). *Digital literacy and digital competence frameworks: A global overview*. UNESCO Institute for Lifelong Learning. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381020>
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Toward an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>

- Argyris, C., & Schön, D. A. (1996). *Organizational learning II: Theory, method, and practice*. Addison-Wesley.
- Awad, E. M., & Ghaziri, H. M. (2010). *Knowledge management* (2nd ed.). Pearson Education.
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (2000). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press.
- Frické, M. (2009). The knowledge pyramid: A critique of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, 35(2), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0165551508094050>
- Gourlay, S. (2006). Conceptualizing knowledge creation: A critique of Nonaka's theory. *Journal of Management Studies*, 43(7), 1415–1436. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2006.00637.x>
- Jashapara, A. (2011). *Knowledge management: An integrated approach* (2nd ed.). Pearson Education.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.
- Nonaka, I., & Toyama, R. (2003). The knowledge-creating theory revisited: Knowledge creation as a synthesizing process. *Knowledge Management Research & Practice*, 1(1), 2–10. <https://doi.org/10.1057/palgrave.kmrp.8500001>
- Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: Representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, 33(2), 163–180. <https://doi.org/10.1177/0165551506070706>
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (Rev. ed.). Doubleday.
- Tuomi, I. (1999). Data is more than knowledge: Implications of the reversed knowledge hierarchy for knowledge management and organizational memory. *Journal of Management Information Systems*, 16(3), 103–117.
- UNESCO. (2022). *Futures of education: Learning to become*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- Zins, C. (2007). Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(4), 479–493. <https://doi.org/10.1002/asi.20508>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.2.31>
- Cox, S., & Graham, C. R. (2009). Diagramming TPACK in practice: Using and modifying the TPACK framework for teachers' professional development. *TechTrends*, 53(5), 60–69. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0327-1>
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogical-content-knowledge/>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C. (2014). Demographic factors, TPACK constructs, and teachers' perceptions of constructivist-oriented TPACK. *Educational Technology & Society*, 17(1), 185–196.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509–523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>
- Pamuk, S. (2012). Understanding preservice teachers' technology use through TPACK framework. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(5), 425–439. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00447.x>
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>

- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2020). A comprehensive analysis of TPACK within pre-service teacher training: A new TPACK measurement model. *Journal of Educational Computing Research*, 58(3), 614–644. <https://doi.org/10.1177/0735633119856800>
- Beetham, H., & Sharpe, R. (Eds.). (2019). *Rethinking pedagogy for a digital age: Designing for 21st century learning* (3rd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429456503>
- Fullan, M. (2020). *The new meaning of educational change* (5th ed.). Teachers College Press.
- Harris, J., & Hofer, M. (2011). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) in action: A descriptive study of secondary teachers' curriculum-based, technology-related instructional planning. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(3), 211–229. <https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782570>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Kurniawati, D., & Surahman, E. (2023). Peran TPACK dalam Desain Pembelajaran Abad 21 pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 25(1), 45–59. <https://doi.org/10.21009/jtp.v25i1.29065>
- Mulyasa, E. (2022). *Pengembangan kurikulum merdeka belajar*. Remaja Rosdakarya.
- OECD. (2020). *Future of education and skills 2030: Curriculum analysis*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Rahmadi, T., & Lestari, H. (2023). Integrasi pendekatan TPACK dalam pengembangan modul ajar Kurikulum Merdeka. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 7(2), 115–126. <https://doi.org/10.21009/JIPPSD.072.07>
- Retnawati, H., Arlinwibowo, J., & Sulistyarningsih, E. (2022). Kompetensi guru dalam implementasi kurikulum merdeka: Sebuah kajian berbasis TPACK. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 55(3), 229–242. <https://doi.org/10.23887/jpp.v55i3.46021>
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2011). *The understanding by design guide to creating high-quality units*. ASCD.
- Bers, M. U. (2020). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003008584>
- Czerkawski, B., & Lyman, E. W. (2015). Exploring issues about computational thinking in higher education. *TechTrends*, 59(2), 57–65. <https://doi.org/10.1007/s11528-015-0840-3>
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational thinking: A competency whose time has come. In S. Bocconi & A. D. W. Kampylis (Eds.), *The future of learning: The implications of educational technology for higher education* (pp. 1–18). Springer.
- Israel, M., Lash, T., Ray, M., & White, S. (2022). Supporting equitable CS education: Practices for teaching coding in inclusive classrooms. *Journal of Computer Science Integration*, 5(1), 45–62. <https://doi.org/10.26716/jcsi.2022.05>
- Koulouri, T., Lauria, S., & Macredie, R. D. (2014). Teaching introductory programming: A quantitative evaluation of different approaches. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 14(4), 1–16. <https://doi.org/10.1145/2660579>
- Kurniawan, H., & Fajriyah, R. N. (2023). Literasi koding sebagai keterampilan dasar guru di era digital: Telaah kurikulum SMK. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 10(1), 35–50. <https://doi.org/10.21009/jitp.v10i1.29211>
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. Basic Books.
- Pratama, R., & Jatmiko, R. (2022). Integrasi computational thinking dalam proyek pembelajaran SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 12(2), 120–135. <https://doi.org/10.21831/jpv.v12i2.43321>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for THEIR future*. STEM Education Coalition. <https://www.stemedcoalition.org>
- Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. Jossey-Bass.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- English, L. D. (2016). STEM education K–12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Estapa, A. T., & Tank, K. M. (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: Teachers' reflections on the implementation process. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 1–20. <https://doi.org/10.18404/ijemst.70036>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Spector, J. M. (2022). *Designing effective instruction for STEM learning environments*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003143308>
- Tan, A. L., & Nashon, S. M. (2015). Promoting creativity in science education: A theoretical framework. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(2), Article 3.
- Wahono, B., Lin, P. C., & Chang, C. Y. (2020). Assessing the effectiveness of project-based learning assisted by STEM modules and 21st century competencies in improving vocational students' innovation skills. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(2), 337–358. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09523-3>
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656–1662. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.009>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.2.31>
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogicalcontent-knowledge>
- Mouza, C., Yang, H., Pan, Y. C., Ozden, S. Y., & Pollock, L. (2016). Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Australian Journal of Teacher Education*, 41(4), 81–99. <https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n4.5>
- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of Educational Computing Research*, 44(3), 299–317. <https://doi.org/10.2190/EC.44.3.c>
- Rienties, B., Brouwer, N., & Lygo-Baker, S. (2013). The effects of online professional development on higher education teachers' beliefs and intentions towards learning facilitation and technology. *Teaching and Teacher Education*, 29, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.09.002>
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Developing a short assessment instrument for Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK.xs) and comparing the TPACK of pre-service and in-service teachers. *Computers in Human Behavior*, 118, 106684. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106684>
- Srisawasdi, N., & Panjaburee, P. (2019). TPACK in a digital age: Are science teachers ready to teach with technology? *Contemporary Educational Technology*, 10(4), 368–386. <https://doi.org/10.30935/cet.634187>
- Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Chuang, F. T. (2014). Developing and validating technological pedagogical content knowledge-Practical (TPACK-P) survey for elementary school teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 30(4), 455–471. <https://doi.org/10.14742/ajet.237>
- Bers, M. U. (2020). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003010181>
- Ching, Y. H., Hsu, Y. C., & Baldwin, S. (2018). Developing computational thinking with educational technologies for young learners. *TechTrends*, 62(6), 563–573. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0292-7>

- Falkner, K., & Vivian, R. (2020). Integrating programming into school subjects: Practical steps for teachers. *Australian Educational Computing*, 34(2), 1–10. <https://journal.acce.edu.au/index.php/AEC/article/view/186>
- Gouws, L., Bradshaw, K., & Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: An evaluation of the educational potential of Scratch. *ACM Transactions on Computing Education*, 13(1), 1–22. <https://doi.org/10.1145/2445196.2445199>
- Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2014). Connected code: Why children need to learn programming. MIT Press.
- Kurniawan, A. (2021). Integrasi microcontroller Arduino dalam pembelajaran vokasi berbasis proyek. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(1), 55–66. <https://doi.org/10.21831/jitp.v8i1.38520>
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K–12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the maker movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing*, 18, 57–78. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.09.002>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Wing, J. M. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why? *The Link Magazine*, 6(1), 20–23. <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2)
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute. <https://learningpolicyinstitute.org/product/effective-teacher-professional-development-report>
- Desimone, L. M., & Garet, M. S. (2015). Best practices in teacher’s professional development in the United States. *Psychology, Society, & Education*, 7(3), 252–263. <https://doi.org/10.25115/psye.v7i3.515>
- Foulger, T. S., Graziano, K. J., Schmidt-Crawford, D. A., & Slykhuus, D. A. (2017). Teacher educator technology competencies. *Journal of Technology and Teacher Education*, 25(4), 413–448. <https://www.learntechlib.org/primary/p/174879/>
- Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching*, 8(3), 381–391. <https://doi.org/10.1080/135406002100000512>
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers’ technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Kopcha, T. J., Ottenbreit-Leftwich, A., Jung, J., & Baser, D. (2020). Understanding technology integration barriers and strategies: A review of the research. *Educational Technology Research and Development*, 68, 631–651. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09745-0>
- Kurniasari, A., & Hardhienata, S. (2023). Strategi pelatihan guru berbasis blended learning dan microlearning dalam penguatan kompetensi abad 21. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Teknologi*, 10(1), 45–59.
- OECD. (2021). *Teachers and Leaders in Vocational Education and Training*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/59d4fbb1-en>
- Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W. Y., Scarloss, B., & Shapley, K. (2007). *Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement*. U.S. Department of Education. <https://ies.ed.gov/ncee/edlabs/projects/project.asp?projectID=25>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Briggs, D. C., & Weeks, J. P. (2009). The impact of formative assessment on student learning. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 28(3), 27–31. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.2009.00151.x>
- Darling-Hammond, L., & Snyder, J. (2015). Professional capacity and accountability. *Teachers College Record*, 117(4), 1–36. <https://doi.org/10.1177/016146811511700403>
- Fullan, M. (2020). *The new meaning of educational change* (5th ed.). Teachers College Press.
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin Press.

- Hattie, J., & Clarke, S. (2019). *Visible learning: Feedback*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429297629>
- Ifenthaler, D., Bellin-Mularski, N., & Mah, D. K. (2016). *Foundations of digital badging and micro-credentialing: Demonstrating and recognizing knowledge and competencies*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15425-1>
- OECD. (2013). *Synergies for better learning: An international perspective on evaluation and assessment*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264190658-en>
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). ASCD.
- Almalki, S. (2020). Integrating TPACK into teaching practice: A case study of teachers' perceptions and practices. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5103–5122. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10226-0>
- Chai, C. S., & Koh, J. H. L. (2017). Changing teachers' TPACK and design beliefs through scaffolded lesson design. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(4), 119–132. <https://doi.org/10.14742/ajet.3027>
- Erdogan, N., & Bozeman, T. D. (2015). Models of project-based learning implementation for STEM education. *Journal of STEM Education*, 16(2), 5–13.
- Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep learning: Engage the world, change the world*. Corwin Press.
- Gleason, N. W. (Ed.). (2018). *Higher education in the era of the fourth industrial revolution*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- McLennan, B., & Keating, S. (2019). Interdisciplinary teaching: Reimagining the role of vocational education. *Australian Journal of Adult Learning*, 59(1), 46–65.
- OECD. (2021). *21st-Century teachers and schools: Making education inclusive and innovative*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4fb56b36-en>
- Smith, P. S., & Tippett, C. D. (2021). Teachers' adaptation of STEAM lessons in secondary education: A case study approach. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 627–641. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09909-z>
- UNESCO. (2023). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- Avidov-Ungar, O., & Eshet-Alkalai, Y. (2021). Leadership for promoting innovative teaching in schools: The mediating role of digital transformation. *Educational Management Administration & Leadership*, 49(4), 612–630. <https://doi.org/10.1177/1741143220924920>
- Bush, T. (2020). Instructional leadership and leadership for learning: Global and contemporary perspectives. *Educational Management Administration & Leadership*, 48(1), 3–19. <https://doi.org/10.1177/1741143219873051>
- Crawford, J., & Willis, J. (2022). Leading innovative change: Visionary school leadership in the 21st century. *Journal of Educational Leadership and Policy Studies*, 6(1), 15–28.
- Darling-Hammond, L., & Cook-Harvey, C. M. (2018). Educating the whole child: Improving school climate to support student success. *Learning Policy Institute*. <https://learningpolicyinstitute.org/product/educating-whole-child-report>
- Fullan, M., & Edwards, A. (2022). *Spirit work and the science of collaboration: Building high-performing systems*. Corwin Press.
- Harris, A., & Jones, M. (2019). Leading professional learning with impact: A practical guide to implementation for schools. *School Leadership & Management*, 39(3–4), 320–334. <https://doi.org/10.1080/13632434.2019.1587554>
- Lai, K. W., & Widmar, G. (2021). Creating school ecosystems for digital transformation. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18, 1–16. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00264-w>
- Leithwood, K., Harris, A., & Hopkins, D. (2020). Seven strong claims about successful school leadership revisited. *School Leadership & Management*, 40(1), 5–22. <https://doi.org/10.1080/13632434.2019.1596077>
- OECD. (2022). *Back to the future of education: Four OECD scenarios for schooling*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/178ef527-en>
- Zhao, Y. (2021). *Learners without borders: New learning pathways for all students*. Corwin Press.

## Biografi Penulis

### Dr. Briliantina Indrati, M.Pd., M.Si.



Lahir di Bogor, 15 Juni 1978, Dr. Briliantina Indrati memiliki pengalaman lebih dari dua dekade di dunia pendidikan. Sejak tahun 2000, beliau memulai kiprahnya sebagai manajer editorial di bidang penerbitan pendidikan, kemudian mengabdikan diri sebagai guru di berbagai jenjang pendidikan. Saat ini, beliau aktif sebagai dosen di Universitas Islam Depok, mengampu mata kuliah yang berfokus pada manajemen pendidikan dan pengembangan kurikulum berbasis Outcome Based Education (OBE).

Selain aktivitas mengajar, Dr. Briliantina produktif menulis di bidang manajemen pendidikan, dengan karya tulis yang mencakup artikel ilmiah, buku ajar, dan penelitian terapan yang mendukung inovasi pengelolaan pendidikan di Indonesia. Minat akademiknya meliputi manajemen lembaga pendidikan, strategi pembelajaran berbasis teknologi, dan pengembangan kapasitas guru melalui pendekatan pedagogik mendalam. Dengan komitmen terhadap peningkatan mutu pendidikan, beliau aktif terlibat dalam penelitian, pengabdian masyarakat, dan pengembangan kurikulum untuk mendukung pendidikan yang berkualitas, adaptif, dan berkarakter. Minat akademiknya meliputi manajemen lembaga pendidikan, strategi pembelajaran berbasis teknologi, dan pengembangan kapasitas guru melalui pendekatan pedagogik mendalam.

### Dr. Ir. Eni Susanti, S.T., M.Si.,



lahir pada 2 Januari 1979 di Pangkalpinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lulus S-1 di Program Studi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Jakarta tahun 2001, S-2 di Program Studi Ilmu Administrasi, Pascasarjana Universitas Krisnadwipayana tahun 2009, dan menamatkan S-3 pada Program Studi Manajemen Pendidikan Universitas Pakuan. Dan pada tahun 2025 penulis mendapatkan gelar profesi Insinyur dari Institut

Teknologi Indonesia. Tahun 2002 menapaki awal karir di sebuah Perusahaan swasta yang bergerak di bidang *Information Technology*. Selanjutnya tahun 2005 memulai karir baru di pemerintahan sebagai Pegawai negeri Sipil di Pemerintah Kabupaten Bangka Selatan. Memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun di dunia pendidikan, sejak tahun 2015, memulai kiprahnya di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, sejak tahun 2022 tercatat sebagai Analis Kebijakan Ahli Muda di Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi. Dan saat ini aktif sebagai Analis Kebijakan Ahli Muda pada Direktorat Bina Talenta Sains dan Teknologi, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi. Dalam kehidupan pribadi, beliau dikaruniai seorang putri yang bernama Nadra Aliya Saajidah, yang juga menjadi sumber inspirasi dan dukungan utama dalam perjalanan hidup dan kariernya. Selain aktivitas sebagai Analis Kebijakan, Dr. Eni Susanti produktif menulis di bidang manajemen pendidikan, dengan karya tulis yang mencakup artikel ilmiah, buku ajar, dan menjadi narasumber dalam forum diskusi dan seminar pendidikan.

### Dr. Andi Hermawan, M.Pd.



Lahir di Malang, Jawa Timur pada tanggal 29 April 1977. Beliau adalah anak pertama dari tiga bersaudara dalam keluarga yang menjunjung tinggi nilai pendidikan dan tanggung jawab. Sejak kecil, dikenal sebagai pribadi yang tekun, disiplin, dan memiliki minat yang tinggi terhadap ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang akuntansi dan matematika. Menamatkan pendidikan dasar dan menengah di kota kelahirannya, dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Dampit, Kabupaten Malang, yang diselesaikannya pada tahun 1995. Minat yang kuat dalam bidang ekonomi dan akuntansi membawanya untuk melanjutkan studi pada Program Sarjana Akuntansi Fakultas Ekonomi Universitas Gajayana Malang, dan berhasil meraih gelar Sarjana Ekonomi (S.E., Ak.) pada tahun 1999. Pada tahun 2014, ia berhasil menyelesaikan Program Sarjana Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Timbul Nusantara – IBK Jakarta, dan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.). Kecintaannya terhadap dunia pendidikan mengantarkannya untuk mengambil jalur kepemimpinan dan manajemen pendidikan. Ia menyelesaikan Program Magister Administrasi Pendidikan di Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan Bogor pada tahun 2019 dan meraih gelar Magister Pendidikan (M.Pd.). Konsistensinya dalam mengembangkan kapasitas akademik dan profesional dibuktikan dengan pencapaian tertinggi berupa gelar Doktor (Dr.) dalam bidang Manajemen Pendidikan dari institusi yang sama pada tahun 2022.

Dalam karier profesional telah mengabdikan sebagai Guru pada SMK PGRI 2 Cibinong, Kabupaten Bogor sejak tahun 1999 dan dipercaya menjabat sebagai Wakil Kepala Sekolah. Selain itu, beliau juga aktif di dunia akademik sebagai Dosen NIDK pada Program Doktor (S3) Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan Bogor, tempat beliau berbagi pengalaman dan keilmuan kepada para mahasiswa pascasarjana.

Dalam kehidupan pribadi, beliau menikah dengan Amalia Feryanti Salasa dan dikaruniai seorang putri yang bernama Azizah Luckyana Mawadda. Keluarga kecil ini menjadi sumber inspirasi dan dukungan utama dalam perjalanan hidup dan kariernya. Selain aktif mengajar, juga dikenal sebagai penulis buku, peneliti, dan pembicara dalam berbagai forum ilmiah, baik nasional maupun internasional. Fokus keilmuannya meliputi manajemen pendidikan, kepemimpinan pendidikan, pendidikan vokasi, dan literasi digital guru. Publikasinya telah banyak tersebar di jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi (terindeks Scopus), dengan lebih dari 1.000 sitasi Google Scholar dan h-index 16 per 17 April 2025.

Komitmentnya untuk terus berkontribusi dalam pengembangan pendidikan Indonesia, terutama dalam memperkuat mutu SMK dan mendorong kepemimpinan digital di sekolah, menjadi semangat utama dalam perjalanan akademik dan pengabdianya hingga kini.

# PEMBELAJARAN REVOLUSIONER 5.0: STRATEGI STEAM, TPACK, DAN KODING

UNTUK GURU SMK INOVATIF

Buku Pembelajaran Revolusioner 5.0: Strategi STEAM, TPACK, dan Koding untuk Guru SMK Inovatif menghadirkan terobosan baru dalam pendidikan vokasi di era Society 5.0. Buku ini menjadi panduan strategis bagi guru SMK untuk bertransformasi dari pengajar konvensional menjadi fasilitator pembelajaran adaptif, kolaboratif, dan berorientasi teknologi.

Dengan mengintegrasikan pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics), TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge), serta literasi koding, penulis menegaskan pentingnya pembelajaran interdisipliner yang mendorong inovasi dan pemecahan masalah nyata. Buku ini tidak sekadar menyajikan teori, tetapi juga menampilkan rancangan praktis, strategi implementasi, dan contoh penerapan yang selaras dengan kebutuhan industri serta tantangan pembelajaran abad ke-21.

Setiap bab disusun untuk memperkuat kapasitas guru dalam merancang kurikulum kreatif, mengintegrasikan teknologi secara bermakna, serta menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan inovatif pada peserta didik. Penulis menempatkan guru sebagai agen perubahan yang berperan aktif dalam membangun ekosistem pendidikan yang manusiawi di tengah arus digitalisasi dan otomatisasi industri.

Melalui penyajian yang ilmiah namun komunikatif, buku ini menjadi referensi penting bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pemimpin sekolah vokasi yang berkomitmen mewujudkan pembelajaran revolusioner. Karya ini menegaskan bahwa masa depan pendidikan vokasi bergantung pada guru-guru yang reflektif, kreatif, dan siap menciptakan generasi pembelajar unggul di era Society 5.0.

Diterbitkan oleh:

**Penerbit Al-Adzkiya**

Jl. Sisingamaraja No 126 Rantauparapat

Jl. Gambir Perum Grand Algeria Blok C, Deli serdang

Telp/Fax: 061-733835091

E-Mail : Admin@penerbitaladzkiya.com

Website: www.penerbitaladzkiya

REFERENSI

ISBN 978-621-04-5537-1



9

786340

495379