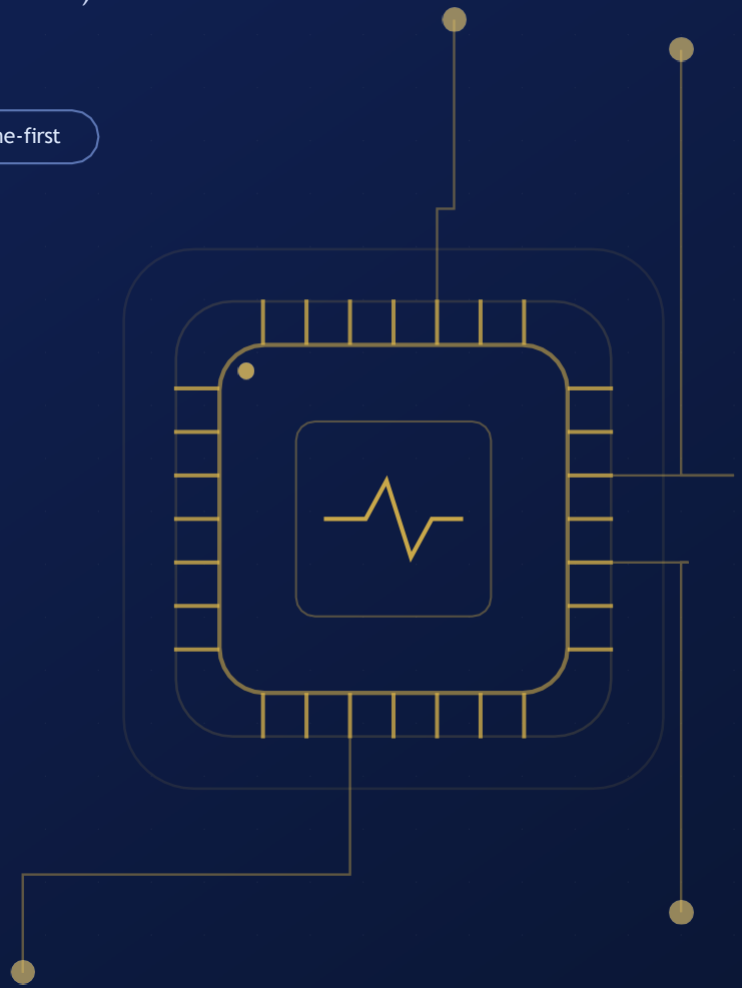
NASKAH INOVASI PEMBELAJARAN

KURIKULUM MERDEKA · PEMBELAJARAN MENDALAM

Simulator IoT Tanpa Perangkat

Merangkai, menalar, dan menguji sistem Internet of Things secara virtual, luring, dan terjangkau untuk pembelajaran yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan di SMK.

Fase F | Teknik Komputer dan Jaringan | Offline-first



DISUSUN OLEH

Aliyudin, S.T., Gr.

SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah · Garut

Lembar Pengesahan

*Naskah inovasi pembelajaran **Simulator IoT Tanpa Perangkat** ini telah ditelaah dan disetujui sebagai dokumen praktik baik pembelajaran di satuan pendidikan, serta layak dipergunakan sebagai rujukan pelaksanaan, pengimbasan, dan pengembangan lebih lanjut.*

Judul inovasi	Simulator IoT Tanpa Perangkat
Jenis inovasi	Media pembelajaran interaktif, terintegrasi dengan perangkat asesmen dan panduan guru
Sasaran	Peserta didik SMK Fase F, Teknik Komputer dan Jaringan (dapat diadaptasi untuk jenjang dan rumpun lain)
Pendekatan	Kurikulum Merdeka dengan Pembelajaran Mendalam dan Delapan Dimensi Profil Lulusan
Satuan pendidikan	SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah, Garut
Penyusun	Aliyudin, S.T., Gr.

Mengetahui,
Kepala Sekolah

H. M. Nasrullah Rmadhan,M.Si
NUPTK. 2062754653200003

Garut, _____
Penyusun

Aliyudin, S.T., Gr.
NUPTK. 5539769670130092

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan kemudahan-Nya, sehingga naskah inovasi pembelajaran ini dapat diselesaikan. Naskah ini lahir dari kegelisahan yang sederhana namun nyata: banyak peserta didik SMK sangat ingin belajar teknologi *Internet of Things*, tetapi perangkat, waktu, dan kesempatan untuk mencoba tidak selalu tersedia bagi mereka.

Di ruang kelas yang sesungguhnya, satu perangkat praktik sering harus dipakai bergantian oleh banyak peserta didik. Salah menyambung kabel berarti risiko merusak komponen yang harganya tidak murah. Akibatnya, kesempatan mencoba dan gagal, yang justru merupakan inti belajar kejuruan, perlahan menyempit. **Simulator IoT Tanpa Perangkat** dirancang untuk menjawab kenyataan itu: memindahkan tahap berpikir, merancang, dan menguji ke layar terlebih dahulu, sehingga perangkat nyata kelak dihadapi dengan pemahaman, bukan dengan ketakutan.

Naskah ini tidak berhenti pada penjelasan aplikasi. Ia menempatkan aplikasi sebagai alat dalam sebuah rancangan pedagogis yang utuh: selaras dengan Kurikulum Merdeka, bernapas Pembelajaran Mendalam, menguatkan Delapan Dimensi Profil Lulusan, dan memperhitungkan keterbatasan sarana yang dihadapi guru di lapangan. Di dalamnya terdapat landasan, rancangan pembelajaran, asesmen, analisis kelayakan, serta lampiran siap pakai yang dapat langsung diterapkan.

Terima kasih kepada seluruh rekan guru, peserta didik, dan pimpinan satuan pendidikan yang menjadi sumber inspirasi dan ruang uji gagasan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar inovasi ini terus tumbuh dan memberi manfaat yang lebih luas bagi dunia pendidikan kejuruan di Indonesia.

Aliyudin, S.T., Gr.

Daftar Isi

BAB I Pendahuluan 7

1.1 Latar Belakang 7

1.2 Identifikasi Masalah 8

1.3 Rumusan Masalah 8

1.4 Tujuan 8

1.5 Manfaat 9

BAB II Landasan Kurikulum dan Pedagogi 10

2.1 Kurikulum Merdeka sebagai Ruang Gerak Guru 10

2.2 Pembelajaran Mendalam 10

2.3 Delapan Dimensi Profil Lulusan 11

2.4 Landasan Teoretis 11

2.5 Konsep Dasar: Masukan, Pemroses, Keluaran 11

BAB III Deskripsi Inovasi 13

3.1 Identitas Inovasi 13

3.2 Prinsip Rancangan 13

3.3 Alur Kerja Empat Langkah 14

3.4 Anatomi Aplikasi 14

3.5 Komponen dan Papan Mikrokontroler 15

3.6 Jembatan Menuju Perangkat Nyata 16

BAB IV Rancangan Implementasi Pembelajaran 17

4.1 Prinsip Pelaksanaan 17

4.2 Alur Pembelajaran Mendalam dengan Simulator 18

4.3 Skenario Dua Pertemuan 18

4.4 Pembelajaran Terdiferensiasi 19

4.5 Manajemen Kelas dengan Sarana Terbatas 19

4.6 Integrasi dengan Kokurikuler dan Dunia Kerja 20

BAB V Asesmen Pembelajaran 21

5.1 Prinsip Asesmen 21

5.2 Rubrik Penilaian 21

5.3 Pengolahan Nilai 22

5.4 Refleksi Peserta Didik 22
5.5 Umpan Balik 22

BAB VI Penguatan Dimensi Profil Lulusan 23

BAB VII Analisis Kelayakan dan Keberlanjutan 24

7.1 Posisi Inovasi di antara Alternatif 24
7.2 Keterbatasan dan Mitigasi 24
7.3 Indikator Keberhasilan 25
7.4 Evaluasi dan Penyempurnaan Berkelanjutan 25
7.5 Diseminasi dan Arah Pengembangan 25

BAB VIII Penutup 26

8.1 Kesimpulan 26
8.2 Rekomendasi 26

LAMPIRAN Lampiran 27

A Peta 17 Misi Pembelajaran 27
B Contoh Rancangan Pembelajaran Ringkas 28
C Daftar Periksa Kesiapan Guru 28
D Rujukan Konseptual 28

Ringkasan Eksekutif

Pembelajaran teknologi *Internet of Things* (IoT) di banyak SMK terhambat oleh tiga hal yang saling berkaitan: keterbatasan perangkat praktik, risiko kerusakan komponen yang membuat peserta didik enggan bereksperimen, dan akses internet yang belum merata. Ketiganya menyebabkan peserta didik lebih sering menyaksikan demonstrasi daripada merancang dan menguji sendiri.

Simulator IoT Tanpa Perangkat menjawabnya dengan sebuah laboratorium virtual dalam satu berkas yang dapat dibuka di peramban, tanpa instalasi dan tanpa internet. Peserta didik merangkai sensor dan aktuator pada papan mikrokontroler virtual, menyusun logika *JIKA–MAKA*, menjalankannya, melihat kode Arduino yang dihasilkan otomatis, lalu memperbaiki rangkaian hingga lolos uji. Seluruh pengalaman dikemas dalam bahasa Indonesia dan konteks kehidupan sehari-hari seperti lampu jalan desa, kipas kandang ayam, pompa tandon, dan alarm kebakaran.

18	3	17	1
komponen virtual 11 masukan · 7 keluaran	papan mikrokontroler Virtual, Arduino Uno, ESP32	misi bertahap dengan pemeriksa otomatis	berkas, luring tanpa internet

Secara pedagogis, inovasi ini dirancang mengikuti pengalaman belajar **memahami, mengaplikasi, dan merefleksi** dalam Pembelajaran Mendalam, dengan suasana yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan. Peserta didik diberi ruang aman untuk salah, ditemani pemandu langkah dan petunjuk bertingkat, serta dinilai melalui bukti yang beragam: pemeriksaan otomatis, Serial Monitor, rubrik empat kriteria, dan refleksi tertulis.

Naskah ini juga bersikap jujur tentang batas inovasi. Simulasi tidak menggantikan sentuhan perangkat fisik, melainkan menjadi **jembatan** menuju perangkat itu: kode yang dihasilkan berbentuk kode Arduino sungguhan, papan Arduino Uno dan ESP32 tersedia dengan aturan pin yang sesuai aslinya, dan Mode realistis memperkenalkan gangguan, resistor, serta catu daya.

> **Gagasan inti**
> Perangkat tidak dihilangkan, melainkan **ditunda**. Tahap berpikir, merancang, dan menguji dipindahkan ke simulasi yang aman dan murah, agar waktu dan komponen fisik yang terbatas dipakai untuk hal yang benar-benar membutuhkannya.

BAB I

Pendahuluan

Mengapa inovasi ini diperlukan

1.1 Latar Belakang

Teknologi IoT kini hadir di banyak sektor kehidupan: pertanian yang menyiram secara otomatis, peternakan yang memantau suhu kandang, bangunan yang menyalakan lampu sesuai kehadiran orang, hingga industri yang mengawasi mesin dari jarak jauh. Bagi lulusan SMK rumpun komputer dan jaringan, memahami rantai **sensor, pemroses, dan aktuator** bukan lagi pengetahuan tambahan, melainkan bagian dari kesiapan kerja dan wirausaha.

Pembelajaran IoT idealnya dilakukan dengan perangkat nyata: mikrokontroler, sensor, kabel, papan percobaan, dan catu daya. Namun kenyataan di lapangan sering berbeda. Banyak satuan pendidikan, terutama di luar kota besar, hanya memiliki sedikit perangkat praktik. Satu set dipakai berkelompok besar, sehingga tidak semua peserta didik sempat menyentuh dan merangkai sendiri. Komponen mudah rusak akibat salah polaritas atau korsleting, sementara penggantinya dibebankan pada anggaran yang terbatas. Peserta didik pun menjadi hati-hati berlebihan, dan guru cenderung memilih demonstrasi yang aman daripada eksplorasi yang berisiko.

Alternatif berupa simulator daring tersedia, tetapi umumnya bergantung pada koneksi internet yang belum stabil di semua wilayah, dan antarmukanya tidak selalu ramah bagi pemula yang baru belajar logika pemrograman. Di sisi lain, Kurikulum Merdeka dengan pendekatan Pembelajaran Mendalam menuntut pengalaman belajar yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan. Pengalaman semacam itu hanya mungkin bila peserta didik **berani mencoba, salah, dan memperbaiki**.

Dari situlah gagasan ini bermula: bagaimana bila pengalaman merangkai dan menguji sistem IoT dapat dilakukan oleh setiap peserta didik, kapan saja, tanpa risiko merusak alat, tanpa internet, dan dalam konteks yang dekat dengan kehidupan mereka?

1.2 Identifikasi Masalah

Realita di lapangan	Dampak pada pembelajaran
Perangkat praktik terbatas; satu set dipakai banyak peserta didik	Kesempatan merangkai sendiri sedikit; sebagian peserta didik hanya mengamati
Komponen mahal dan mudah rusak	Guru dan peserta didik membatasi eksperimen; ketakutan membuat kesalahan
Koneksi internet tidak merata	Simulator daring sulit dipakai konsisten; pembelajaran bergantung pada keadaan jaringan
Peserta didik langsung bertemu kabel dan kode sekaligus	Beban kognitif tinggi; logika dasar sebab–akibat belum kokoh sebelum rangkaian fisik
Bukti belajar sulit dipantau per individu	Penilaian cenderung pada hasil akhir; proses berpikir dan perbaikan kurang terdokumentasi
Contoh kasus kerap jauh dari konteks peserta didik	Motivasi dan kebermaknaan belajar menurun

Tabel 1. Masalah pembelajaran IoT di satuan pendidikan dengan keterbatasan sarana

1.3 Rumusan Masalah

- Bagaimana merancang media pembelajaran IoT yang dapat dipakai tanpa perangkat fisik dan tanpa internet, tetapi tetap setia pada logika dan kode perangkat sesungguhnya?
- Bagaimana mengintegrasikan media tersebut ke dalam alur Pembelajaran Mendalam agar pengalaman belajar menjadi berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan?
- Bagaimana menilai proses dan hasil belajar peserta didik secara autentik, terukur, dan mudah dilakukan guru dengan sarana terbatas?

1.4 Tujuan

Tujuan umum. Menyediakan inovasi pembelajaran IoT yang inklusif terhadap keterbatasan sarana, selaras dengan Kurikulum Merdeka, dan mudah direplikasi oleh guru lain.

Tujuan khusus.

- Memberi setiap peserta didik kesempatan merangkai, menalar, menguji, dan memperbaiki sistem masukan–pemroses–keluaran secara mandiri.
- Menumbuhkan keberanian bereksperimen melalui lingkungan belajar yang aman untuk salah.
- Menjembatani pemahaman konsep menuju praktik pada perangkat fisik Arduino Uno dan ESP32.
- Menyediakan perangkat asesmen dan panduan guru yang ringkas, siap pakai, dan dapat dicetak.

1.5 Manfaat

Pihak	Manfaat
Peserta didik	Belajar dengan tempo sendiri, boleh salah berkali-kali, mendapat umpan balik seketika, dan memahami kode yang dihasilkan sebelum menyentuh perangkat.
Guru	Memiliki media, lembar kerja, rubrik, dan alur pembelajaran siap pakai; dapat memantau kemajuan melalui rekap misi dan kode yang dibagikan.
Satuan pendidikan	Mengurangi ketergantungan pada jumlah perangkat dan biaya penggantian komponen; praktik baik yang mudah diimbaskan ke guru dan sekolah lain.
Dunia usaha dan masyarakat	Lulusan yang memahami logika sistem otomasi sejak dini, siap melanjutkan ke perangkat nyata dan proyek berbasis kebutuhan lokal.

Tabel 2. Pemangku kepentingan dan manfaat inovasi

BAB II

Landasan Kurikulum dan Pedagogi

Kerangka berpikir yang menopang inovasi

2.1 Kurikulum Merdeka sebagai Ruang Gerak Guru

Kurikulum Merdeka memberi guru kewenangan merancang pembelajaran dari capaian pembelajaran menjadi tujuan dan alur pembelajaran yang sesuai dengan konteks, kesiapan, dan kebutuhan peserta didik. Prinsip ini sangat penting bagi SMK: dua sekolah dengan program keahlian yang sama dapat memiliki sarana, mitra industri, dan potensi daerah yang sangat berbeda. Inovasi ini hadir sebagai **alat bantu** bagi guru yang ingin menjalankan prinsip tersebut tanpa menunggu kelengkapan sarana.

Pada Fase F, peserta didik SMK diarahkan memperdalam kompetensi kejuruan serta menyiapkan diri untuk bekerja, berwirausaha, atau melanjutkan pendidikan. Simulator ini dapat dipetakan pada capaian pembelajaran yang berkaitan dengan perangkat masukan dan keluaran, logika kendali, serta dasar-dasar sistem terhubung. Pemetaan rinci terhadap rumusan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran disesuaikan guru dengan dokumen kurikulum satuan pendidikan masing-masing.

2.2 Pembelajaran Mendalam

Pembelajaran Mendalam adalah pendekatan yang menempatkan pemahaman utuh dan pengalaman belajar yang bermakna sebagai tujuan, bukan sekadar penguasaan materi untuk ujian. Pendekatan ini dapat diterapkan di atas Kurikulum Merdeka dan memiliki tiga unsur yang saling menopang.

Unsur	Isi	Wujud dalam Simulator IoT
Prinsip pembelajaran	Berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan	Peserta didik sadar tujuan setiap misi; kasus berasal dari kehidupan desa dan industri; suasana eksplorasi bebas rasa takut merusak alat.
Pengalaman belajar	Memahami, mengaplikasi, merefleksi	Apersepsi masalah, merangkai dan menguji, lalu menjelaskan logika dan membaca kode.
Kerangka pembelajaran	Kemitraan, lingkungan belajar, praktik pedagogis, pemanfaatan digital	Kerja berpasangan dan tutor sebaya, ruang kelas luring, siklus misi bertahap, media digital yang ringan dan offline.

Tabel 3. Pembelajaran Mendalam dan perwujudannya dalam inovasi



Gambar 1. Tiga pengalaman belajar yang diresapi tiga prinsip Pembelajaran Mendalam

2.3 Delapan Dimensi Profil Lulusan

Capaian utuh yang diharapkan dirumuskan dalam delapan dimensi: keimanan dan ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa, kewargaan, penalaran kritis, kreativitas, kolaborasi, kemandirian, kesehatan, dan komunikasi. Dimensi ini bukan mata pelajaran tambahan, melainkan arah yang dituju seluruh kegiatan belajar; pemetaannya pada inovasi ini diuraikan di Bab VI.

2.4 Landasan Teoretis

- **Pengalaman langsung.** Pengetahuan dibangun peserta didik melalui pengalaman bermakna; merangkai dan menguji rangkaian adalah wujud paling konkret prinsip ini (Dewey).
- **Konstruksionisme.** Belajar paling efektif ketika peserta didik membuat sesuatu yang nyata dan dapat dibagikan, yaitu rangkaian, aturan, dan kode (Papert).
- **Siklus belajar berbasis pengalaman.** Pengalaman konkret, observasi reflektif, konseptualisasi, dan percobaan aktif berulang dalam siklus rangkai–uji–perbaiki (Kolb).
- **Perancah belajar.** Pemandu langkah, petunjuk bertingkat, dan contoh siap pakai memberi bantuan yang dikurangi seiring bertambahnya kemampuan (Vygotsky).
- **Beban kognitif.** Kerumitan kelistrikan disembunyikan pada tahap awal agar perhatian tertuju pada logika; kerumitan ditambah bertahap melalui Mode realistis (Sweller).

Temuan umum dalam literatur laboratorium virtual menunjukkan bahwa simulasi paling bermanfaat sebagai **persiapan dan pendamping** praktik fisik, bukan penggantinya. Rancangan inovasi ini mengikuti prinsip tersebut.

2.5 Konsep Dasar: Masukan, Pemroses, Keluaran

Seluruh pembelajaran bertumpu pada satu model mental sederhana: setiap sistem IoT tersusun dari yang merasakan, yang memutuskan, dan yang bertindak, seperti tubuh manusia. Analogi ini membantu pemula menautkan konsep baru dengan pengalaman sehari-hari.



Setiap sistem IoT, sekecil atau sebesar apa pun, tersusun dari tiga peran yang sama.

Gambar 2. Tiga peran dalam setiap sistem IoT, dipelajari melalui analogi tubuh manusia

BAB III

Deskripsi Inovasi

Simulator IoT Tanpa Perangkat

3.1 Identitas Inovasi

Aspek	Keterangan
Nama inovasi	Simulator IoT Tanpa Perangkat
Bentuk	Satu berkas HTML interaktif yang dibuka di peramban; berjalan penuh luring tanpa instalasi
Sasaran utama	Peserta didik SMK Fase F, Teknik Komputer dan Jaringan; dapat diadaptasi untuk Fase E, program keahlian lain, informatika, dan ekstrakurikuler
Kebutuhan teknis	Komputer, laptop, tablet, atau ponsel dengan peramban modern; cukup satu perangkat per kelompok
Bahasa dan konteks	Bahasa Indonesia; kasus berbasis kehidupan desa, pertanian, peternakan, dan keselamatan
Perangkat pendukung	Pemandu langkah, 17 misi dengan pemeriksa otomatis, panduan, kamus istilah, lembar kerja dan rubrik cetak, rekap nilai, serta panduan guru
Pengembang	Aliyudin, S.T., Gr., SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah, Garut

Tabel 4. Identitas inovasi

3.2 Prinsip Rancangan

- **Luring sejak awal.** Tidak memerlukan internet maupun instalasi; cukup disalin lewat flashdisk dan dibuka di peramban.
- **Aman untuk salah.** Kesalahan menyambung atau menyusun logika tidak merusak apa pun; tersedia fitur urungkan dan simpan otomatis.
- **Setia pada perangkat nyata.** Kode yang dihasilkan berbentuk kode Arduino, dengan nama pin, pustaka, dan pemetaan nilai yang mengikuti papan sungguhan.
- **Kontekstual.** Setiap misi berangkat dari masalah yang dikenal peserta didik, bukan dari komponen yang ingin diperkenalkan.
- **Bertahap dan terukur.** Dari satu masukan satu keluaran menuju logika majemuk dan sistem keselamatan, dengan pemeriksa otomatis di setiap misi.

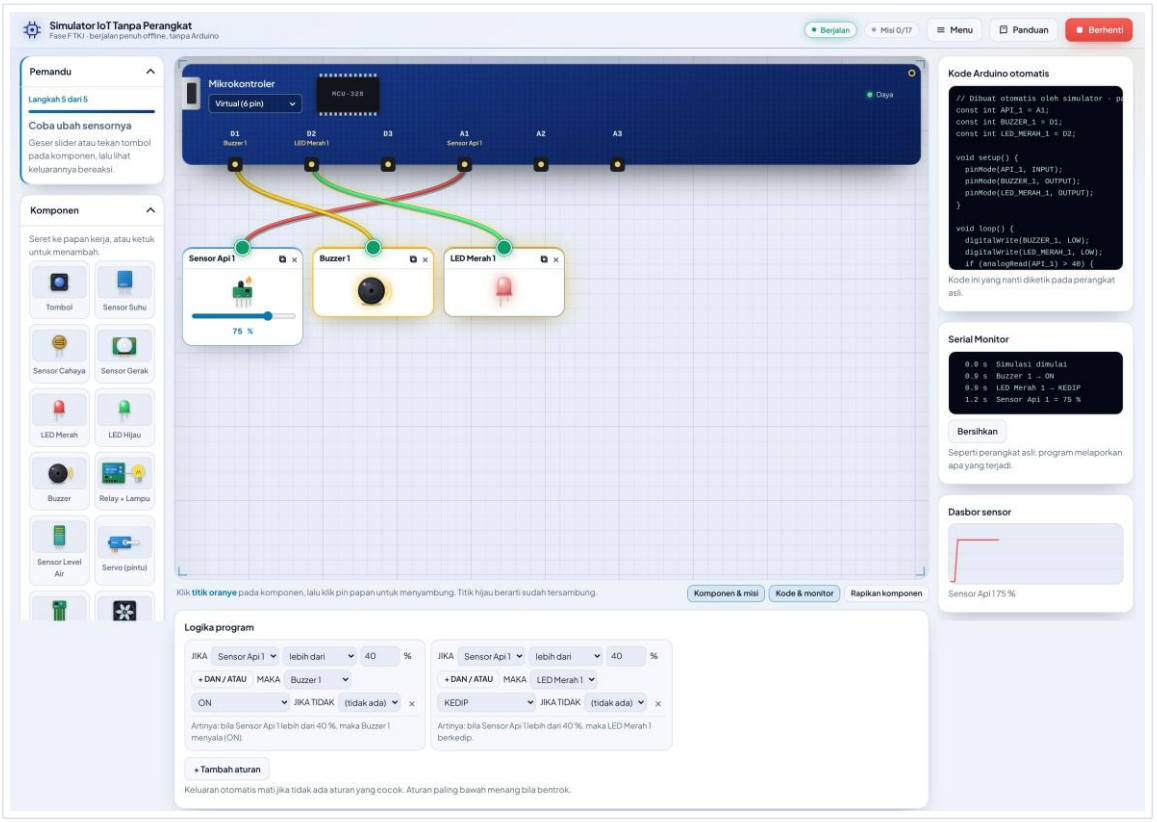
3.3 Alur Kerja Empat Langkah

Seluruh kegiatan peserta didik berpusat pada satu siklus sederhana yang mudah diingat dan diulang. Siklus ini sekaligus menjadi kerangka kerja perancang sistem IoT sesungguhnya.



Gambar 3. Siklus rangkai–sambung–susun–uji yang diulang hingga rangkaian lolos pemeriksaan

3.4 Anatomi Aplikasi



Gambar 4. Antarmuka kerja pada contoh "Alarm api": papan mikrokontroler dengan kabel tersambung, logika program, kode Arduino otomatis, Serial Monitor, dan dasbor sensor

Area	Fungsi	Nilai pedagogis
Pemandu	Mengarahkan lima langkah awal dan menyediakan contoh siap pakai (kipas otomatis, lampu jalan, alarm gerak, alarm api)	Perancah bagi pemula; menurunkan hambatan memulai
Papan kerja	Papan mikrokontroler dengan pin berlabel, kartu komponen yang dapat diseret, kabel berwarna, dan penanda sambungan hijau	Visualisasi konkret hubungan komponen dan pin

Area	Fungsi	Nilai pedagogis
Logika program	Aturan JIKA–MAKA dengan DAN/ATAU, JIKA TIDAK, tunda, tahan, kedip, dan tingkat keluaran; disertai kalimat penjelas “Artinya…”	Melatih penalaran sebab–akibat dan komunikasi logika
Kode Arduino otomatis	Menerjemahkan rangkaian dan aturan menjadi kode yang dapat diketik pada perangkat asli	Jembatan menuju pemrograman sungguhan
Serial Monitor	Mencatat kejadian seperti “Relay 1 ⟶ ON” dan perubahan nilai sensor	Kebiasaan menelusuri dan memperbaiki program
Dasbor sensor	Grafik riwayat nilai sensor selama simulasi	Membaca data dan menentukan ambang batas
Dasbor IoT (Wi-Fi tiruan)	Simulasi pengiriman data dan kendali jarak jauh tanpa internet sungguhan	Pengantar konsep konektivitas
Misi dan panduan	17 misi dengan tombol “Periksa rangkaian”, panduan, kamus istilah, FAQ, dan lembar kerja cetak	Asesmen formatif dan pembelajaran mandiri

Tabel 5. Area antarmuka, fungsi, dan nilai pedagogisnya

3.5 Komponen dan Papan Mikrokontroler

Aplikasi menyediakan **18 komponen virtual** yang dipilih berdasarkan kedekatannya dengan kebutuhan nyata. Sensor analog memiliki rentang dan satuan masing-masing, sedangkan aturan pin dibuat menyerupai perangkat asli: sensor analog hanya dapat disambung ke pin analog, dan pada ESP32 pin GPIO34 serta GPIO35 hanya dapat berfungsi sebagai masukan. Kesalahan seperti ini dimunculkan sebagai pesan yang mendidik, bukan sebagai kegagalan.

Kelompok	Komponen	Contoh penerapan
Masukan (11)	Tombol; sensor suhu (0–60 °C); sensor cahaya LDR (0–100 %); sensor gerak PIR; sensor level air; sensor tanah; sensor api; sensor gas (ppm); sensor hujan; sensor jarak (cm); potensiometer	Bel pintu, kandang ayam, lampu jalan, ronda, tandon, penyiram, alarm api dan gas, jemuran, parkir mundur, pengatur ambang
Keluaran (7)	LED merah; LED hijau; buzzer; relay + lampu; servo (pintu); kipas; layar LCD	Indikator aman dan bahaya, alarm, beban besar, pintu lumbung, pendingin ruangan, papan informasi

Tabel 6. Kelompok komponen virtual

Aspek	Virtual	Arduino Uno	ESP32
Pin yang tersedia	D1, D2, D3, A1, A2, A3 (6 pin)	D3, D5, D6, D9, A0–A3	GPIO16–19, GPIO32–35
Resolusi pembacaan	Nilai 0–100 untuk belajar konsep	10 bit (0–1023)	12 bit (0–4095)
Catu daya	5 V dan GND	5 V dan GND	3,3 V dan GND
Catatan khusus	Cocok untuk pertemuan pertama	Pustaka Servo; pemetaan nilai dengan map()	GPIO34 dan GPIO35 hanya masukan; pustaka ESP32Servo

Tabel 7. Tiga papan mikrokontroler dan perbedaan pentingnya

3.6 Jembatan Menuju Perangkat Nyata

Kekhawatiran paling wajar terhadap simulasi adalah jarak antara layar dan perangkat sesungguhnya. Inovasi ini mempersempit jarak tersebut secara bertahap, bukan dengan satu lompatan.



Gambar 5. Jenjang transisi dari simulasi menuju perangkat fisik

Mengapa Mode realistis penting

Pada Mode realistis, LED tanpa resistor akan “terbakar”, papan tanpa kabel daya tidak menyalakan keluaran, dan nilai sensor bergoyang seperti pada modul asli. Peserta didik belajar bahwa dunia nyata lebih berisik daripada simulasi ideal, **tanpa** harus kehilangan komponen sungguhan untuk mempelajarinya.

BAB IV

Rancangan Implementasi Pembelajaran

Dari ruang kelas yang nyata, untuk peserta didik yang nyata

4.1 Prinsip Pelaksanaan

- **Mulai dari masalah.** Pembelajaran dibuka dengan persoalan yang dikenali peserta didik, bukan dengan daftar komponen.
- **Kesalahan adalah data.** Guru memperlakukan rangkaian yang belum berhasil sebagai bahan diskusi yang berharga.
- **Berpasangan, bukan sendirian.** Satu perangkat untuk dua sampai tiga peserta didik dengan peran bergantian: perangkai, penguji, dan pencatat.
- **Guru sebagai fasilitator.** Guru memancing dengan pertanyaan, bukan langsung memberi jawaban; petunjuk bertingkat pada setiap misi membantu hal ini.

4.2 Alur Pembelajaran Mendalam dengan Simulator

Tahap	Pengalaman	Kegiatan inti	Fitur pendukung
1. **Menggugah**	Memahami	Guru memaparkan masalah kontekstual, misalnya "bagaimana lampu jalan desa menyala sendiri saat gelap?". Peserta didik menebak cara kerjanya.	Pemandu; contoh siap pakai
2. **Merancang**	Memahami	Peserta didik menulis satu kalimat masalah, menentukan masukan, keluaran, dan ambang batas pada lembar kerja.	Lembar kerja; panduan; kamus istilah
3. **Merangkai dan menalar**	Mengaplikasi	Merangkai komponen, menyambung pin, menyusun aturan JIKA–MAKA.	Papan kerja; logika program; pesan aturan pin
4. **Menguji dan memperbaiki**	Mengaplikasi	Menguji berbagai skenario nilai sensor, membaca log, memperbaiki, lalu meminta pemeriksaan.	Serial Monitor; dasbor sensor; Periksa rangkaian
5. **Menjelaskan**	Merefleksi	Setiap kelompok menjelaskan logika dan membaca baris kode yang dihasilkan; kelompok lain memberi tanggapan.	Kode Arduino otomatis; rekap misi
6. **Menautkan**	Merefleksi	Peserta didik menjawab refleksi dan merancang penerapan IoT untuk lingkungan sendiri; opsional mencoba Mode realistis atau papan Uno dan ESP32.	Mode realistis; pilihan papan; lembar refleksi

Tabel 8. Sintaks pembelajaran dan fitur aplikasi yang menopangnya

4.3 Skenario Dua Pertemuan

Rancangan berikut disusun untuk dua pertemuan dengan alokasi sekitar 90 menit per pertemuan. Guru dapat menyesuaikannya dengan jam pelajaran dan kesiapan kelas. Tidak semua dari 17 misi harus dituntaskan oleh setiap peserta didik; misi lanjutan berfungsi sebagai pengayaan.



Gambar 6. Jenjang tantangan 17 misi dalam empat tahap

Kegiatan	Pertemuan 1: Fondasi	Pertemuan 2: Logika dan konteks
Pembukaan (±10 menit)	Apersepsi masalah desa; tiga peran masukan–pemroses–keluaran; tujuan pertemuan	Mengulas hasil pertemuan 1; memunculkan masalah yang menuntut lebih dari satu syarat
Eksplorasi terbimbing (±15 menit)	Guru mendemonstrasikan Misi 1 bersama kelas dengan tampilan layar; peserta didik menirukan	Demonstrasi singkat syarat DAN dan dua aturan dengan masukan yang sama
Misi mandiri (±45 menit)	Misi 1–6, berpasangan; pemandu dan petunjuk digunakan bila perlu	Pilihan dari Misi 7–17 sesuai kesiapan; wajib satu misi tantangan
Refleksi (±20 menit)	Kelompok menjelaskan satu rangkaian; tiga pertanyaan refleksi	Presentasi misi tantangan; membaca kode; diskusi menuju perangkat nyata
Bukti belajar	Rekap misi dan observasi	Rekap misi, rubrik, dan lembar refleksi

Tabel 9. Rancangan kegiatan dua pertemuan

4.4 Pembelajaran Terdiferensiasi

Kelas SMK hampir selalu heterogen: ada peserta didik yang telah terbiasa dengan perangkat elektronik, ada yang baru pertama kali melihat mikrokontroler. Inovasi ini memungkinkan diferensiasi tanpa menambah beban administratif guru.

Aspek	Perlu penguatan	Sesuai harapan	Pengayaan
Konten	Misi 1–3 dengan contoh siap pakai dari Pemandu	Misi 1–6 lalu salah satu dari Misi 8–13	Misi tantangan 7, 10, dan 14–17
Proses	Berpasangan dengan tutor sebaya; memakai petunjuk pada misi; guru mendampingi	Bekerja mandiri dengan pemeriksaan otomatis	Mencoba Mode realistis, papan Uno atau ESP32, dan membaca kode secara rinci
Produk	Satu rangkaian tuntas yang dapat dijelaskan	Rangkaian dan aturan tuntas disertai refleksi tertulis	Rancangan sistem untuk masalah di desa sendiri

Tabel 10. Contoh diferensiasi konten, proses, dan produk

4.5 Manajemen Kelas dengan Sarana Terbatas

- **Satu perangkat per kelompok.** Cukup satu komputer atau laptop untuk dua sampai tiga peserta didik; kelas besar dibagi menjadi stasiun kerja.
- **Tanpa internet.** Berkas disalin lewat flashdisk; seluruh fitur berjalan luring.
- **Ponsel sebagai cadangan.** Komponen dapat ditambahkan dengan ketukan; cocok untuk belajar mandiri di rumah, walaupun layar lebar tetap dianjurkan.
- **Tanpa layar sama sekali.** Lembar kerja dan rubrik dapat dicetak untuk kegiatan perencanaan dan refleksi di kelas yang layarnya terbatas.
- **Berbagi pekerjaan.** Fitur Simpan/Bagikan menghasilkan kode yang dapat dikirim melalui WhatsApp atau ditulis di buku, lalu dimuat guru untuk memeriksa rangkaian dan aturan peserta didik.

4.6 Integrasi dengan Kokurikuler dan Dunia Kerja

Inovasi ini tidak berhenti pada kegiatan intrakurikuler. Misi-misinya dapat menjadi pemantik projek kokurikuler bertema rekayasa teknologi untuk kebutuhan lokal, misalnya *sistem peringatan dini kebakaran untuk dapur warga*, *pemantau level air tandon desa*, atau *penyiram otomatis untuk kebun sekolah*. Peserta didik dapat berdialog dengan petani, peternak, atau pelaku usaha setempat untuk mengidentifikasi masalah, merancang solusi pada simulator, lalu mempresentasikannya. Kemitraan seperti ini sejalan dengan prinsip kemitraan pembelajaran dan mempersiapkan peserta didik menghadapi praktik kerja lapangan.

BAB V

Asesmen Pembelajaran

Menilai proses, bukan hanya hasil

5.1 Prinsip Asesmen

Asesmen dalam inovasi ini diposisikan sebagai bagian dari pembelajaran, bukan sekadar penutup. Bukti belajar dikumpulkan dari tiga lapisan agar penilaian adil bagi peserta didik yang cepat maupun yang membutuhkan waktu lebih lama, serta tidak membebani guru.

Jenis	Tujuan	Instrumen dan sumber bukti
Diagnostik	Mengetahui pengetahuan awal dan miskonsepsi	Pertanyaan lisan di awal (“apa beda masukan dan keluaran?”); tebakan peserta didik sebelum mencoba Misi 1
Formatif	Memberi umpan balik seketika dan menyesuaikan pembelajaran	Tombol “Periksa rangkaian” yang menguji setiap misi dengan dua sampai tiga skenario; pesan peringatan pada aturan; Serial Monitor; observasi guru
Sumatif	Menyimpulkan ketercapaian tujuan pembelajaran	Misi tantangan (7 atau 10), penjelasan lisan, rubrik empat kriteria, dan lembar refleksi tertulis

Tabel 11. Tiga lapis asesmen

5.2 Rubrik Penilaian

Rubrik berikut tersedia pada lembar kerja cetak di dalam aplikasi dan diisi oleh guru. Setiap kriteria diberi skor 1 sampai 4.

Kriteria	4 · Sangat baik	3 · Baik	2 · Cukup	1 · Perlu bimbingan
Rangkaian dan pin	Semua tersambung benar tanpa bantuan	Satu kesalahan kecil, diperbaiki sendiri	Perlu bantuan teman atau guru	Belum tersambung
Logika aturan	Aturan tepat dan ringkas	Tepat, ada aturan berlebih	Sebagian benar	Belum sesuai tujuan
Pengujian	Menguji semua skenario lalu memperbaiki	Menguji sebagian skenario	Menguji tanpa mencatat hasil	Tidak menguji
Penjelasan dan kerja sama	Menjelaskan jelas dan membantu kelompok	Menjelaskan cukup jelas	Menjelaskan dengan bantuan	Belum dapat menjelaskan

Tabel 12. Rubrik penilaian praktik

5.3 Pengolahan Nilai

Skor rubrik dijumlahkan dengan skor maksimum 16. Nilai dihitung dengan rumus **total skor ÷ 16 × 100**. Selain itu, aplikasi menghasilkan rekap misi yang selesai dari 17 misi, yang dapat disalin dan ditempel ke WhatsApp atau buku nilai guru.

> **Bedakan kemajuan dan nilai**
> Angka rekap aplikasi (misi selesai ÷ 17) adalah **indikator kemajuan**, bukan nilai akhir, karena pemeriksa otomatis hanya menguji hasil, bukan penalaran dan kerja sama. Guru disarankan menggunakan rekap sebagai syarat ketuntasan minimum (misalnya Misi 1–6), lalu menentukan nilai melalui rubrik dan refleksi. Pembobotan mengikuti kebijakan satuan pendidikan.

5.4 Refleksi Peserta Didik

Lembar kerja memuat tiga pertanyaan refleksi yang mengarahkan peserta didik pada pemahaman konseptual dan penerapan, dan dapat diperkaya guru dengan pertanyaan lain.

1. Jelaskan dengan kata-katamu sendiri perbedaan masukan dan keluaran.
2. Mengapa lampu atau kipas dikendalikan lewat relay?
3. Tulis satu penerapan IoT yang berguna di desamu beserta komponen yang diperlukan.
4. Tambahan dari guru: kesalahan apa yang paling berharga bagimu hari ini, dan apa yang kamu pelajari darinya?

5.5 Umpan Balik

Umpan balik yang baik bersifat spesifik dan dapat ditindaklanjuti. Pesan peringatan pada aturan, hasil pemeriksaan skenario yang gagal, dan catatan Serial Monitor memberi umpan balik seketika. Guru melengkapinya dengan umpan balik lisan yang menyoroti cara berpikir peserta didik, misalnya “skenario mana yang belum kamu uji?”, sehingga peserta didik terbiasa memeriksa pekerjaannya sendiri.

BAB VI

Penguatan Dimensi Profil Lulusan

VI

Dari kegiatan sederhana menuju kompetensi utuh

Inovasi ini tidak mengklaim menuntaskan seluruh dimensi sekaligus. Ia menyediakan peluang yang terarah agar setiap dimensi dapat dilatih melalui kegiatan yang wajar, dengan bukti yang dapat diamati guru.

Dimensi	Wujud dalam kegiatan	Bukti yang dapat diamati
Keimanan dan ketakwaan terhadap Tuhan YME	Memanfaatkan teknologi untuk kemaslahatan; jujur melaporkan hasil uji; menjaga amanah alat dan karya sendiri; merenungi keteraturan sebab–akibat	Kejujuran rekap dan laporan; refleksi tentang manfaat teknologi
Kewargaan	Merancang solusi untuk masalah komunitas seperti lampu jalan, tandon air, ronda lumbung, dan alarm kebakaran; peduli lingkungan melalui penghematan energi dan air	Rancangan solusi untuk lingkungan sendiri; diskusi manfaat sosial
Penalaran kritis	Menalar sebab–akibat; menguji skenario; menelusuri sumber kesalahan; menentukan ambang batas berdasarkan data grafik	Catatan pengujian; penjelasan alasan perbaikan
Kreativitas	Menggabungkan komponen dan aturan untuk masalah baru; merancang sistem selain contoh misi	Rancangan orisinal; variasi solusi untuk satu masalah
Kolaborasi	Bekerja berpasangan dengan peran bergantian; tutor sebaya; berbagi kode rangkaian	Observasi kerja kelompok; kriteria rubrik penjelasan dan kerja sama
Kemandirian	Memakai pemandu dan petunjuk; belajar dengan tempo sendiri; simpan otomatis; berlatih di rumah tanpa internet	Jumlah misi yang diselesaikan secara mandiri; inisiatif mencoba tantangan
Kesehatan	Menanamkan kesadaran keselamatan dan kesehatan kerja pada kelistrikan, arus, dan resistor; sensor api dan gas sebagai pelindung; suasana belajar bebas rasa takut salah	Ketepatan prosedur pada Mode realistis; kenyamanan peserta didik berekspresi
Komunikasi	Mengungkap logika dengan kalimat JIKA–MAKA; membaca dan menjelaskan kode; mempresentasikan rangkaian; menulis refleksi	Presentasi singkat; lembar refleksi; kejelasan penjelasan

Tabel 13. Pemetaan Delapan Dimensi Profil Lulusan pada kegiatan pembelajaran

BAB VII

Analisis Kelayakan dan Keberlanjutan

Keunggulan, batas, dan arah pengembangan

7.1 Posisi Inovasi di antara Alternatif

Aspek	Perangkat fisik	Simulator daring umum	Simulator IoT Tanpa Perangkat
Biaya dan ketersediaan	Mahal, jumlah terbatas	Gratis, tetapi bergantung layanan	Tanpa biaya perangkat; satu berkas dapat disalin
Kebutuhan internet	Tidak wajib	Umumnya wajib	Tidak diperlukan
Risiko kerusakan	Ada	Tidak ada	Tidak ada
Bahasa dan konteks lokal	Bergantung guru	Umumnya berbahasa asing	Bahasa Indonesia, konteks desa dan SMK
Kedekatan dengan alat nyata	Paling tinggi	Tinggi	Menengah; ditingkatkan melalui Mode realistis dan papan Uno atau ESP32
Pemantauan kemajuan	Manual	Terbatas	Misi, pemeriksa otomatis, rekap, dan rubrik

Tabel 14. Perbandingan umum pendekatan pembelajaran IoT

7.2 Keterbatasan dan Mitigasi

Kejujuran tentang batas sebuah inovasi adalah bagian dari kualitasnya. Berikut keterbatasan yang disadari beserta langkah mitigasinya.

Keterbatasan	Mitigasi
Simulasi tidak memberi pengalaman fisik menyambung kabel dan mengatasi gangguan sesungguhnya	Diposisikan sebagai tahap awal; Mode realistis, papan Uno dan ESP32, serta kode Arduino identik menjadi jembatan; praktik fisik tetap dijadwalkan bila perangkat tersedia
Dasbor Wi-Fi bersifat tiruan dan belum menghubungkan perangkat ke jaringan sungguhan	Dipakai sebagai pengantar konsep; tahap konektivitas nyata menjadi pengembangan lanjutan bagi yang memiliki perangkat dan jaringan
Pekerjaan tersimpan pada peramban perangkat yang sama	Fitur Simpan/Bagikan menghasilkan kode yang dapat dimuat di perangkat lain; rekap nilai dapat disalin
Tetap membutuhkan perangkat layar	Pembagian kelompok, ponsel sebagai cadangan, dan lembar kerja cetak untuk kegiatan tanpa layar

Keterbatasan	Mitigasi
Guru membutuhkan waktu beradaptasi	Panduan guru, FAQ, dan misi bertahap tersedia di dalam aplikasi; pelatihan sebaya melalui komunitas belajar guru

Tabel 15. Keterbatasan inovasi dan langkah mitigasi

7.3 Indikator Keberhasilan

Indikator berikut diusulkan sebagai pedoman evaluasi. Besaran target ditetapkan oleh guru dan satuan pendidikan berdasarkan kondisi awal kelas.

Aspek	Indikator	Cara memperoleh data
Capaian belajar	Sebagian besar peserta didik menuntaskan misi inti (1–6) dan menunjukkan skor rubrik pada kategori baik	Rekap misi; rubrik
Keterlibatan	Peserta didik aktif mencoba, menguji ulang, dan membantu teman	Observasi; catatan kelompok
Keberanian bereksperimen	Peserta didik berani mencoba skenario di luar contoh dan mengungkap kesalahannya	Refleksi; wawancara singkat
Kesiapan praktik fisik	Berkurangnya kesalahan dasar saat peserta didik beralih ke perangkat nyata	Catatan praktik; lembar observasi
Penerimaan guru	Guru merasa media memudahkan perencanaan, pelaksanaan, dan penilaian	Angket atau diskusi guru

Tabel 16. Indikator keberhasilan dan sumber data

7.4 Evaluasi dan Penyempurnaan Berkelanjutan

Penerapan dilakukan dalam siklus pendek: **rencanakan, laksanakan, amati, dan refleksikan**. Setelah satu putaran pembelajaran, guru meninjau misi mana yang paling sering membuat peserta didik tersendat, pesan peringatan mana yang kurang jelas, dan bagian mana yang perlu ditambah contoh. Hasil tinjauan menjadi masukan bagi penyempurnaan misi, panduan, maupun aplikasi itu sendiri.

7.5 Diseminasi dan Arah Pengembangan

- **Pengimbasan.** Dibagikan melalui komunitas belajar guru, kelompok kerja guru, dan forum praktik baik; berkas tunggal memudahkan penyalinan ke sekolah lain tanpa instalasi.
- **Bank misi lokal.** Guru dan peserta didik menambah misi berbasis potensi daerah, seperti perikanan, pertanian, kerajinan, dan pariwisata.
- **Konektivitas nyata.** Pengembangan simulasi protokol komunikasi dan dasbor pemantauan yang lebih mendekati layanan sebenarnya, bagi sekolah yang telah memiliki jaringan.
- **Asesmen lebih kaya.** Rekap yang memuat riwayat percobaan dan waktu pengerjaan untuk membantu guru menelaah proses belajar.
- **Adaptasi lintas jenjang.** Penyesuaian bahasa dan tingkat kesulitan untuk Fase E, informatika di jenjang lain, dan kegiatan ekstrakurikuler.

BAB VIII

Penutup

Kesimpulan dan rekomendasi

VIII

8.1 Kesimpulan

Simulator IoT Tanpa Perangkat menjawab persoalan nyata pembelajaran IoT di satuan pendidikan dengan sarana terbatas. Dengan memindahkan tahap berpikir, merancang, dan menguji ke laboratorium virtual yang luring, aman, dan berbahasa Indonesia, setiap peserta didik memperoleh kesempatan merangkai dan memperbaiki sistem sampai paham, tanpa menunggu giliran perangkat dan tanpa takut merusaknya.

Inovasi ini tidak berdiri sendiri sebagai aplikasi. Ia ditopang oleh rancangan pembelajaran yang selaras dengan Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam, asesmen berlapis yang autentik, pemetaan Delapan Dimensi Profil Lulusan, serta jembatan yang jelas menuju perangkat fisik. Dengan demikian, teknologi hadir sebagai alat untuk memerdekakan proses belajar, bukan sebagai tujuan itu sendiri.

8.2 Rekomendasi

Untuk	Rekomendasi
Guru	Mulailah dari dua pertemuan dengan Misi 1–6; kaitkan setiap misi dengan masalah di lingkungan peserta didik; catat kesalahan yang sering muncul sebagai bahan perbaikan; dorong peserta didik menjelaskan, bukan hanya menyelesaikan.
Kepala sekolah	Fasilitasi penyalinan berkas ke komputer laboratorium, jadwalkan praktik fisik sebagai tindak lanjut, dan dukung forum berbagi praktik baik antarguru.
Pengawas dan pemangku kebijakan	Pertimbangkan model simulasi luring sebagai pendamping yang realistis bagi sekolah dengan sarana dan konektivitas terbatas, sejalan dengan semangat pemerataan mutu pembelajaran.
Mitra dunia usaha	Libatkan dalam penyediaan kasus nyata dan umpan balik terhadap rancangan peserta didik, serta dukungan perangkat fisik untuk tahap lanjutan.

Tabel 17. Rekomendasi tindak lanjut

Kalimat penutup

Anak-anak di desa tidak kekurangan rasa ingin tahu; mereka sering kekurangan kesempatan untuk mencoba. Inovasi ini adalah ikhtiar kecil agar kesempatan itu tidak lagi bergantung pada jumlah perangkat di laboratorium.

LAMPIRAN

Lampiran

Perangkat pendukung yang siap digunakan

A Peta 17 Misi Pembelajaran

No	Misi	Komponen	Konsep kunci	Tahap
1	Saklar lampu teras	Tombol, LED merah	Satu masukan satu keluaran	I
2	Lampu jalan desa otomatis	Sensor cahaya, relay	Ambang batas, relay	I
3	Kipas kandang ayam	Sensor suhu, relay	Pembanding “lebih dari”	I
4	Ronda digital lumbung	Sensor gerak, buzzer, LED	Dua aturan, satu masukan	I
5	Pompa tandon otomatis	Sensor level air, relay	Pembanding “kurang dari”	I
6	Pintu lumbung (servo)	Tombol, servo	Aktuator gerak	I
7	Lampu teras pintar	Sensor gerak, sensor cahaya, relay	Syarat DAN; aturan bentrok	III
8	Penyiram tanaman otomatis	Sensor tanah, relay	Kendali berbasis kelembapan	II
9	Kipas ruang server	Sensor suhu, kipas	Pendinginan perangkat	II
10	Alarm kebakaran	Sensor suhu, buzzer, LED	Dua keluaran; tindakan KEDIP	III
11	Sensor parkir mundur	Sensor jarak, buzzer	Pin analog; jarak dalam cm	II
12	Pengatur ambang	Potensiometer, LED	Nilai 0–1023	II
13	Papan informasi suhu	Sensor suhu, layar LCD	Menampilkan teks dan nilai	II
14	Alarm kebocoran gas	Sensor gas, buzzer, LED	Satuan ppm; keselamatan	IV
15	Alarm deteksi api	Sensor api, buzzer, LED	Skala sensor; keselamatan	IV
16	Sprinkler pemadam otomatis	Sensor api, relay	Umpan balik sistem	IV
17	Jemuran otomatis	Sensor hujan, servo	Respons terhadap cuaca	II

Tabel A1. Daftar misi, komponen, konsep kunci, dan tahap tantangan

B Contoh Rancangan Pembelajaran Ringkas

Komponen	Uraian
Identitas	SMK, Fase F, Teknik Komputer dan Jaringan; topik: sistem kendali otomatis berbasis sensor; alokasi: dua pertemuan
Tujuan pembelajaran	Peserta didik mampu merangkai sensor dan aktuator pada mikrokontroler virtual, menyusun logika JIKA–MAKA, menguji berbagai skenario, serta memperbaiki rangkaian hingga sesuai tujuan dan menjelaskan cara kerjanya.
Pemahaman bermakna	Sistem otomatis bekerja karena aturan sebab–akibat yang dirancang manusia; kesalahan yang diuji dan diperbaiki membuat rancangan semakin andal.
Pertanyaan pemantik	Bagaimana lampu jalan desa dapat menyala sendiri saat gelap dan mati saat terang? Apa yang terjadi bila sensornya tidak tersambung?
Kegiatan	Menggugah, merancang, merangkai dan menalar, menguji dan memperbaiki, menjelaskan, serta menautkan (lihat Tabel 8).
Asesmen	Diagnostik lisan; formatif melalui Periksa rangkaian dan observasi; sumatif melalui misi tantangan, rubrik, dan lembar refleksi.
Diferensiasi	Pemilihan misi sesuai kesiapan, tutor sebaya, petunjuk bertingkat, serta tantangan pengayaan (lihat Tabel 10).
Refleksi guru	Misi apa yang paling menyulitkan? Pesan apa yang perlu diperjelas? Apa yang berhasil memunculkan rasa ingin tahu peserta didik?

Tabel B1. Contoh rancangan pembelajaran ringkas yang dapat disalin dan disesuaikan guru

C Daftar Periksa Kesiapan Guru

- ☐ Berkas aplikasi telah disalin ke komputer atau perangkat kelompok dan diuji dibuka di peramban.
- ☐ Guru telah mencoba Misi 1–6 sendiri dan membaca panduan guru di dalam aplikasi.
- ☐ Masalah kontekstual untuk apersepsi telah dipilih dan dikaitkan dengan lingkungan peserta didik.
- ☐ Lembar kerja dan rubrik telah dicetak sesuai jumlah kelompok.
- ☐ Pembagian kelompok dan peran bergantian (perangkai, penguji, pencatat) telah ditetapkan.
- ☐ Rencana bantuan bagi peserta didik yang membutuhkan penguatan dan tantangan bagi yang siap lebih jauh telah disiapkan.
- ☐ Cara pengumpulan rekap atau kode pekerjaan peserta didik telah disepakati.
- ☐ Waktu refleksi dan presentasi telah dialokasikan dalam rancangan kegiatan.

D Rujukan Konseptual

- Kerangka Pembelajaran Mendalam, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah: prinsip pembelajaran, pengalaman belajar, dan Delapan Dimensi Profil Lulusan.
- Kerangka dan struktur Kurikulum Merdeka untuk SMK, termasuk capaian pembelajaran Fase E dan Fase F sesuai program keahlian.
- Landasan teoretis: Dewey, *Experience and Education*; Papert, *Mindstorms*; Kolb, *Experiential Learning*; Vygotsky, *Mind in Society*; dan teori beban kognitif Sweller.