MODUL AJAR PEMBELAJARAN MENDALAM

KURIKULUM MERDEKA · FASE F

Simulator IoT Tanpa Perangkat

Merangkai dan menguji sistem kendali otomatis berbasis sensor secara virtual, luring, dan terjangkau untuk pembelajaran yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan.

Teknik Komputer dan Jaringan | Offline-first | 2 × 90 menit

DISUSUN OLEH

Aliyudin, S.T., Gr.

SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah · Garut

Tahun Ajaran 2026/2027

Lembar Pengesahan

Modul ajar **Simulator IoT Tanpa Perangkat** ini telah ditelaah dan disetujui sebagai dokumen perencanaan pembelajaran di satuan pendidikan, serta layak dipergunakan sebagai rujukan pelaksanaan dan pengembangan lebih lanjut.

Judul modul	Merangkai dan Menguji Sistem Kendali Otomatis Berbasis Sensor dengan Simulator IoT Tanpa Perangkat
Pendekatan	Kurikulum Merdeka dengan Pembelajaran Mendalam dan Delapan Dimensi Profil Lulusan
Fase / program keahlian	Fase F / Teknik Komputer dan Jaringan
Satuan pendidikan	SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah, Garut
Penyusun	Aliyudin, S.T., Gr.
Tahun ajaran	2026/2027

Mengetahui,
Kepala Sekolah

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

Garut, _____
Penyusun

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

Daftar Isi

Lembar Pengesahan 2

A. Informasi Umum 4

B. Komponen Inti 6

C. Kegiatan Pembelajaran 8

D. Asesmen 10

E. Diferensiasi, Pengayaan, dan Remedial 11

F. Refleksi 12

Lampiran 13

Lampiran 1. LKPD Pertemuan 1: Dari Gelap Menjadi Terang 13

Lampiran 2. LKPD Pertemuan 2: Logika Majemuk dan Rancanganku 14

Lampiran 3. Contoh Penyelesaian untuk Guru 15

Lampiran 4. Bahan Bacaan Peserta Didik 15

Lampiran 5. Glosarium 16

Lampiran 6. Daftar Periksa Kesiapan Guru 16

Lampiran 7. Rujukan 16

A. Informasi Umum

1. Identitas Modul

Aspek	Keterangan
Penyusun	Aliyudin, S.T., Gr.
Satuan pendidikan	SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah, Garut
Program keahlian	Teknik Komputer dan Jaringan
Mata pelajaran	Mata pelajaran kejuruan terkait Internet of Things dan sistem kendali (sesuaikan nama mapel pada kurikulum satuan pendidikan)
Fase / kelas	Fase F / Kelas XI atau XII
Topik	Sistem kendali otomatis berbasis sensor: masukan, pemroses, keluaran
Alokasi waktu	2 pertemuan × ±90 menit (pertemuan 3 bersifat opsional untuk praktik perangkat fisik)
Media utama	Aplikasi Simulator IoT Tanpa Perangkat (satu berkas HTML, berjalan luring)
Model pembelajaran	Pembelajaran berbasis projek mini dan berbasis masalah, dengan siklus rangkai–uji–perbaiki

2. Kompetensi Awal

Peserta didik diharapkan sudah:

- mengenal komputer dan peramban (browser) serta dapat menyalin berkas dari flashdisk;
- mengenal konsep dasar listrik secara umum (tegangan, arus, polaritas) pada tingkat pengenalan;
- memahami logika sebab–akibat sederhana (JIKA–MAKA).

Pengetahuan tentang pemrograman Arduino **tidak** disyaratkan. Aplikasi menyediakan pemandu langkah dan kode Arduino otomatis sebagai perancah.

3. Profil dan Kebutuhan Peserta Didik

Guru memetakan kondisi kelas sebelum pembelajaran. Pemetaan awal pada modul ini:

- Kelas SMK bersifat heterogen: sebagian peserta didik sudah terbiasa dengan perangkat elektronik, sebagian baru pertama kali melihat mikrokontroler.
- Perangkat praktik fisik terbatas dan harus dipakai bergantian, sehingga tidak semua peserta didik sempat merangkai sendiri.
- Sebagian peserta didik ragu mencoba karena takut merusak komponen.
- Koneksi internet tidak merata; seluruh kegiatan dirancang berjalan luring.

- Konteks kehidupan peserta didik (desa, pertanian, peternakan, keselamatan rumah tangga) menjadi sumber masalah belajar.

Guru dapat menambahkan hasil asesmen diagnostik kelas pada bagian ini sebelum pelaksanaan.

4. Dimensi Profil Lulusan yang Dikuatkan

Dimensi	Wujud dalam modul ini
Penalaran kritis	Menalar sebab-akibat, menguji skenario, menelusuri sumber kesalahan, menentukan ambang batas dari data grafik
Kreativitas	Merancang sistem IoT untuk masalah di lingkungan sendiri
Kolaborasi	Kerja berpasangan atau bertiga dengan peran bergantian (perangkai, penguji, pencatat)
Kemandirian	Menggunakan pemandu dan petunjuk bertingkat, bekerja dengan tempo sendiri
Komunikasi	Menjelaskan logika JIKA-MAKA, membaca kode, mempresentasikan rangkaian
Kewargaan	Merancang solusi untuk kebutuhan komunitas (lampu jalan, tandon air, alarm kebakaran)
Kesehatan	Kesadaran keselamatan kelistrikan melalui Mode realistis; sensor api dan gas sebagai pelindung
Keimanan dan ketakwaan	Jujur melaporkan hasil uji, menjaga amanah alat dan karya, memanfaatkan teknologi untuk kemaslahatan

Dimensi **penalaran kritis, kolaborasi, kemandirian, dan komunikasi** menjadi fokus utama dan dinilai; dimensi lainnya dikuatkan melalui pembiasaan.

5. Sarana dan Prasarana

- Komputer, laptop, tablet, atau ponsel dengan peramban modern; **cukup satu perangkat per kelompok**.
- Berkas aplikasi Simulator IoT Tanpa Perangkat yang sudah disalin (flashdisk) dan diuji dibuka.
- Proyektor atau layar untuk demonstrasi guru (bila tidak ada, demonstrasi dilakukan per kelompok dengan guru berkeliling).
- LKPD, rubrik, dan lembar refleksi yang dicetak (lampiran modul ini).
- Papan tulis dan kertas ukuran besar untuk peta masalah.
- Opsional (pertemuan 3): papan Arduino Uno atau ESP32, LED, resistor 220 Ω, sensor, kabel jumper, papan percobaan.

6. Target Peserta Didik

Peserta didik reguler/umum. Peserta didik dengan hambatan belajar didampingi tutor sebaya dan pemandu aplikasi. Peserta didik dengan kecepatan belajar tinggi diberi misi tantangan.

7. Kerangka Pembelajaran

Unsur	Rancangan dalam modul
Praktik pedagogis	Berangkat dari masalah nyata; siklus rangkai–sambung–susun–uji; petunjuk bertingkat; guru memancing dengan pertanyaan
Lingkungan belajar	Ruang kelas atau laboratorium yang aman untuk salah; kesalahan diperlakukan sebagai data belajar; norma kelas disepakati bersama
Kemitraan pembelajaran	Tutor sebaya; opsional melibatkan petani, peternak, atau pelaku usaha setempat sebagai sumber masalah dan umpan balik
Pemanfaatan digital	Simulator luring, kode Arduino otomatis, Serial Monitor, dasbor sensor, rekap misi

B. Komponen Inti

1. Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran

> **Keterkaitan capaian pembelajaran.** Modul ini dipetakan pada capaian pembelajaran Fase F yang berkaitan dengan perangkat masukan dan keluaran, logika kendali, dan dasar-dasar sistem terhubung, sebagaimana ditetapkan dalam keputusan BSKAP tentang capaian pembelajaran yang berlaku (Keputusan Kepala BSKAP Nomor 046 Tahun 2025). Guru menyalin rumusan capaian pembelajaran dan elemen yang tepat dari dokumen resmi sesuai mata pelajaran yang diampu, lalu menautkannya dengan tujuan di bawah ini.

Tujuan pembelajaran. Setelah mengikuti pembelajaran, peserta didik mampu:

1. menjelaskan peran masukan (sensor), pemroses (mikrokontroler), dan keluaran (aktuator) pada sebuah sistem IoT dengan contoh dari lingkungan sendiri;
2. merangkai sensor dan aktuator pada mikrokontroler virtual dengan penyambungan pin yang benar;
3. menyusun aturan JIKA–MAKA, termasuk aturan majemuk (DAN, JIKA TIDAK), untuk menyelesaikan masalah kontekstual;
4. menguji sistem pada beberapa skenario nilai sensor, mencatat hasilnya, lalu memperbaiki rangkaian atau aturan yang keliru;
5. membaca kode Arduino yang dihasilkan dan menjelaskan hubungannya dengan aturan yang disusun;
6. merancang sistem otomatis sederhana untuk masalah di lingkungan sendiri dan mempresentasikannya.

Tujuan sosial-emosional (pendukung). Peserta didik berani mencoba dan mengakui kesalahan, serta membantu teman tanpa mengambil alih pekerjaannya.

2. Pemahaman Bermakna

- Sistem otomatis bekerja karena aturan sebab-akibat yang dirancang manusia; sensor, pemroses, dan aktuator adalah rantai yang harus tersambung dan diuji.
- Kesalahan yang diuji dan diperbaiki membuat rancangan semakin andal; simulasi adalah ruang aman untuk berlatih sebelum menyentuh perangkat nyata.
- Teknologi dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah komunitas dan menjaga keselamatan.

3. Pertanyaan Pemantik

- Bagaimana lampu jalan desa dapat menyala sendiri saat gelap dan mati saat terang?
- Apa yang terjadi bila sensornya tidak tersambung atau ambang batasnya keliru?
- Mengapa lampu atau kipas dikendalikan lewat relay, bukan langsung dari mikrokontroler?
- Masalah apa di desamu yang dapat dibantu oleh sistem otomatis?

4. Prinsip Pembelajaran dan Pengalaman Belajar

Pembelajaran dirancang dengan prinsip **berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan**, melalui tiga pengalaman belajar: **memahami, mengaplikasi, dan merefleksi**.

Prinsip	Wujud di kelas
Berkesadaran	Peserta didik mengetahui tujuan setiap misi dan menyampaikan strategi sebelum mencoba; jeda singkat untuk menenangkan diri bila menemui kebuntuan
Bermakna	Seluruh misi berangkat dari kasus nyata (lampu jalan, kandang ayam, tandon, alarm kebakaran)
Menggembirakan	Eksplorasi bebas rasa takut merusak alat; umpan balik seketika; apresiasi pada perbaikan, bukan hanya hasil akhir

C. Kegiatan Pembelajaran

Pertemuan 1: Fondasi (±90 menit)

Fokus: masukan–pemroses–keluaran, satu masukan satu keluaran, pembanding dan relay.
Misi: 1 (Saklar lampu teras), 2 (Lampu jalan desa otomatis), 3 (Kipas kandang ayam), dilanjutkan Misi 4–6 sesuai kemampuan.

Tahap	Menit	Kegiatan	Pengalaman belajar
Pembukaan	10	Salam, doa, dan presensi. Kesepakatan kelas “salah itu data”. Guru memutar pertanyaan pemantik tentang lampu jalan desa; peserta didik menebak cara kerjanya dan menuliskan tebakan pada kertas. Guru mengungkapkan tujuan pertemuan.	Memahami
Menggugah	10	Analogi tubuh manusia: masukan sebagai indra, pemroses sebagai otak, keluaran sebagai tangan. Peserta didik menyebut contoh dari rumah dan desa masing-masing, lalu mengelompokkannya ke tiga kolom di papan.	Memahami
Merancang	10	Berpasangan atau bertiga, peserta didik membagi peran (perangkai, penguji, pencatat) dan mengisi LKPD bagian rancangan: satu kalimat masalah, masukan, keluaran, dan ambang batas dugaan.	Memahami
Eksplorasi terbimbing	15	Guru mendemonstrasikan Misi 1 pada layar: menyeret tombol dan LED merah ke papan kerja, menyambung pin, menyusun aturan, menguji, dan membaca Serial Monitor. Peserta didik menirukan pada perangkat kelompok.	Mengaplikasi
Merangkai dan menalar	30	Kelompok mengerjakan Misi 2 dan 3 dengan siklus rangkai–sambung–susun–uji. Pemandu dan petunjuk bertingkat digunakan bila perlu; guru berkeliling dengan pertanyaan pancingan (lihat tabel di bawah). Pesan peringatan aturan pin dibahas sebagai pembelajaran, bukan kegagalan. Setiap kelompok mencatat minimal dua skenario uji pada LKPD dan menekan **Periksa rangkaian**.	Mengaplikasi
Refleksi dan penutup	15	Satu kelompok menjelaskan rangkaiannya dan membaca baris kode yang dihasilkan. Peserta didik menjawab tiga pertanyaan refleksi. Guru menyimpulkan, memberi umpan balik, dan menugaskan peserta didik menyiapkan satu ide masalah di desanya untuk pertemuan berikutnya.	Merefleksi

Pertanyaan pancingan guru (alih-alih memberi jawaban):

Situasi	Pertanyaan pancingan
Keluaran tidak menyala	Apa yang sudah kamu pastikan tersambung? Apa yang dikatakan Serial Monitor?
Pin ditolak	Pesan apa yang muncul? Jenis pin apa yang dibutuhkan sensor ini?
Aturan terbalik	Coba bacakan kalimat "Artinya…" pada aturanmu. Apakah sesuai dengan tujuanmu?
Sudah lolos pemeriksaan	Skenario mana yang belum kamu uji? Bagaimana bila nilai sensor tepat di ambang batas?

Pertemuan 2: Logika dan Konteks (±90 menit)

Fokus: logika majemuk, dua keluaran, keselamatan, dan perancangan sistem untuk lingkungan sendiri.
Misi: wajib satu misi tantangan (Misi 7 atau Misi 10); pilihan lain sesuai kesiapan (Misi 8, 9, 11–17).

Tahap	Menit	Kegiatan	Pengalaman belajar
Pembukaan	10	Mengulas hasil pertemuan 1 melalui tiga pertanyaan lisan. Guru memunculkan masalah: "Lampu teras ingin menyala hanya bila ada orang **dan** gelap. Cukupkah satu aturan?"	Memahami
Eksplorasi terbimbing	15	Guru mendemonstrasikan syarat DAN dan dua aturan dengan masukan yang sama. Peserta didik memprediksi hasil sebelum guru menjalankan simulasi.	Memahami, Mengaplikasi
Misi mandiri	45	Kelompok memilih misi sesuai kesiapan (lihat diferensiasi). Kelompok menyelesaikan satu misi tantangan, mencatat skenario uji dan perbaikannya pada LKPD 2, lalu meminta pemeriksaan otomatis. Kelompok yang lebih cepat membuat rancangan sistem sederhana untuk masalah di lingkungannya (LKPD 3).	Mengaplikasi, Merefleksi
Presentasi dan refleksi	20	Dua sampai tiga kelompok mempresentasikan misi tantangan dan membaca kode; kelompok lain memberi tanggapan memakai kartu "satu apresiasi, satu pertanyaan". Peserta didik mengisi lembar refleksi.	Merefleksi

Pertemuan 3 (Opsional): Menuju Perangkat Nyata

Bagi satuan pendidikan yang memiliki perangkat, kegiatan dilakukan sebagai tindak lanjut:

1. Peserta didik mengaktifkan **Mode realistis** dan **papan Arduino Uno atau ESP32** pada simulator, lalu mencatat perbedaan yang muncul (resistor 220 Ω pada LED, kabel daya, nilai sensor yang bergoyang).
2. Peserta didik menyalin kode Arduino hasil simulasi ke perangkat sungguhan secara bergiliran dalam kelompok.
3. Peserta didik membandingkan perilaku simulasi dan perangkat nyata pada lembar pengamatan.

D. Asesmen

Asesmen dilaksanakan sebagai **asesmen sebagai pembelajaran, untuk pembelajaran, dan dari pembelajaran**, pada awal, proses, dan akhir.

Jenis	Waktu	Instrumen	Sumber bukti
Diagnostik	Awal pertemuan 1	Pertanyaan lisan: “apa beda masukan dan keluaran?”, tebakan cara kerja lampu jalan	Catatan guru tentang miskonsepsi
Formatif	Selama pertemuan 1 dan 2	Tombol **Periksa rangkaian**, pesan peringatan aturan, Serial Monitor, observasi, LKPD	Rekap misi, LKPD, lembar observasi
Sumatif	Akhir pertemuan 2	Misi tantangan, penjelasan lisan, rubrik empat kriteria, lembar refleksi tertulis	Rubrik, refleksi, presentasi

Rubrik Penilaian Praktik

Setiap kriteria diberi skor 1–4.

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

Pengolahan nilai: Nilai = total skor ÷ 16 × 100. Rekap misi aplikasi (misi selesai ÷ 17) adalah **indikator kemajuan**, bukan nilai akhir, karena pemeriksa otomatis hanya menguji hasil, bukan penalaran dan kerja sama. Guru dapat menjadikan rekap sebagai syarat ketuntasan minimum (misalnya Misi 1–6), lalu menentukan nilai melalui rubrik dan refleksi. Pembobotan mengikuti kebijakan satuan pendidikan.

Lembar Observasi Profil Lulusan (diisi guru)

Dimensi	Indikator yang diamati	Konsisten / Mulai muncul / Belum
Penalaran kritis	Menjelaskan alasan perbaikan; menguji lebih dari satu skenario	
Kolaborasi	Berbagi peran; membantu teman tanpa mengambil alih	
Kemandirian	Memanfaatkan petunjuk sebelum meminta guru; menyelesaikan misi sesuai tempo	
Komunikasi	Menjelaskan logika dengan kalimat JIKA-MAKA; membaca kode secara runtut	

E. Diferensiasi, Pengayaan, dan Remedial

Aspek	Perlu penguatan	Sesuai harapan	Pengayaan
Konten	Misi 1–3 dengan contoh siap pakai dari Pemandu	Misi 1–6, lalu 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

Remedial: peserta didik mengulang Misi 1–3 dengan pemandu, menjelaskan satu rangkaian secara lisan kepada guru, lalu menyelesaikan satu misi sejenis yang berbeda.
Pengayaan: merancang misi baru dari potensi lokal (perikanan, pertanian, kerajinan, pariwisata) dan menuliskan skenario ujinya.

Pengelolaan Kelas dengan Sarana Terbatas

- Satu perangkat untuk dua sampai tiga peserta didik; kelas besar dibagi menjadi stasiun kerja bergilir.
- Berkas disalin lewat flashdisk; seluruh fitur berjalan tanpa internet.
- Ponsel dapat menjadi cadangan; komponen ditambahkan dengan ketukan.
- Bila layar sangat terbatas, kegiatan merancang dan merefleksi dilakukan dengan LKPD cetak.
- Pekerjaan dibagikan melalui fitur Simpan/Bagikan (kode) yang dapat dikirim lewat WhatsApp atau ditulis di buku, lalu dimuat guru untuk diperiksa.

F. Refleksi

Refleksi peserta didik:

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. Kesalahan apa yang paling berharga bagimu hari ini, dan apa yang kamu pelajari darinya?

Refleksi guru:

- Misi mana yang paling membuat peserta didik tersendat, dan pesan peringatan mana yang perlu diperjelas?
- Apakah semua peserta didik mendapat kesempatan menyentuh dan merangkai sendiri?
- Apa yang memunculkan rasa ingin tahu peserta didik hari ini, dan apa yang akan saya ubah pada pembelajaran berikutnya?

Lampiran

Lampiran 1. LKPD Pertemuan 1: Dari Gelap Menjadi Terang

Nama kelompok: _____Anggota dan peran (perangkai / penguji / pencatat): _____

Bagian 1: Tebakanku (sebelum mencoba). Bagaimana menurutmu lampu jalan desa dapat menyala sendiri saat gelap? Tulis tebakanmu: _____

Bagian 2: Rancangan.

Pertanyaan	Jawabanmu
Masalah yang ingin diselesaikan (satu kalimat)	
Masukan (apa yang dirasakan?)	
Keluaran (apa yang bertindak?)	
Ambang batas dugaan	

Bagian 3: Langkah kerja Misi 2 (Lampu jalan desa otomatis).

1. Seret **Sensor Cahaya** dan **Relay + Lampu** ke papan kerja.
2. Sambungkan sensor ke **pin analog** (A1) dan relay ke pin digital (D1). Klik titik oranye pada komponen, lalu klik pin pada papan; tanda hijau menandakan tersambung.
3. Tambahkan aturan: JIKA Sensor Cahaya lebih/kurang dari ambang batasmu, MAKA Relay ON; JIKA TIDAK, Relay OFF.
4. Geser nilai sensor dan amati lampu serta Serial Monitor.

Bagian 4: Catatan pengujian.

Skenario (nilai cahaya)	Dugaanku	Hasil sebenarnya	Sudah sesuai? Bila belum, perbaikanku
Sangat terang			
Tepat di ambang batas			
Sangat gelap			

Bagian 5: Refleksi. Jawab tiga pertanyaan refleksi pada bagian F, nomor 1–3.

Lampiran 2. LKPD Pertemuan 2: Logika Majemuk dan Rancanganku

Misi tantangan (pilih satu).

- **Misi 7, Lampu teras pintar.** Lampu menyala hanya bila ada gerakan **DAN** keadaan gelap. Pikirkan: apa yang terjadi bila dua aturan saling bertentangan?
- **Misi 10, Alarm kebakaran.** Bila suhu melewati ambang batas, buzzer berbunyi dan LED berkedip. Tentukan ambang batas berdasarkan grafik dasbor sensor.

Tabel skenario uji (wajib minimal empat baris).

No	Nilai masukan	Keluaran yang diharapkan	Keluaran hasil simulasi	Catatan perbaikan
1				
2				
3				
4				

Rancangan untuk desaku (LKPD 3).

Unsur	Isian
Masalah di lingkungan sendiri	
Pihak yang terbantu	
Masukan dan keluaran yang dibutuhkan	
Aturan JIKA-MAKA	
Risiko dan keselamatan yang perlu diperhatikan	

Lampiran 3. Contoh Penyelesaian untuk Guru

Contoh berikut bersifat ilustratif; nilai ambang batas boleh berbeda selama alasannya logis dan lolos pemeriksaan.

Misi	Susunan rangkaian	Contoh aturan	Hal yang sering keliru
2 · Lampu jalan	Sensor cahaya pada pin analog; relay + lampu pada pin digital	JIKA cahaya kurang dari ambang batas MAKA relay ON, JIKA TIDAK relay OFF	Sensor disambung ke pin digital; pembanding terbalik
3 · Kipas kandang	Sensor suhu pada pin analog; relay pada pin digital	JIKA suhu lebih dari ambang batas MAKA relay ON	Tidak ada aturan untuk mematikan kipas
7 · Lampu teras pintar	Sensor gerak, sensor cahaya, relay	JIKA gerak aktif DAN cahaya kurang dari ambang batas MAKA relay ON	Memakai dua aturan terpisah sehingga saling menimpa
10 · Alarm kebakaran	Sensor suhu, buzzer, LED	JIKA suhu lebih dari ambang batas MAKA buzzer ON dan LED KEDIP	Ambang batas terlalu rendah sehingga alarm palsu

Catatan penting: pada ESP32, pin GPIO34 dan GPIO35 hanya dapat berfungsi sebagai masukan; sensor analog hanya dapat disambung ke pin analog. Pesan peringatan simulator dimanfaatkan sebagai bahan diskusi.

Lampiran 4. Bahan Bacaan Peserta Didik

Tiga peran dalam sistem IoT. Setiap sistem IoT tersusun dari yang merasakan (masukan), yang memutuskan (pemroses), dan yang bertindak (keluaran). Sensor suhu, cahaya, gerak, dan air adalah contoh masukan. Mikrokontroler menjalankan aturan yang kamu susun. LED, buzzer, kipas, servo, dan relay adalah contoh keluaran.

Mengapa relay. Mikrokontroler hanya dapat mengalirkan arus kecil. Beban besar seperti lampu rumah atau pompa dikendalikan melalui relay, yaitu saklar elektronik yang dikendalikan sinyal kecil.

Ambang batas. Nilai pembatas yang menentukan kapan aturan berlaku. Ambang batas yang baik ditentukan dari data, misalnya grafik dasbor sensor, bukan sekadar menebak.

Dari simulasi ke perangkat nyata. Pada Mode realistis, LED tanpa resistor akan “terbakar”, papan tanpa kabel daya tidak menyalakan keluaran, dan nilai sensor bergoyang seperti pada modul asli. Dunia nyata lebih berisik daripada simulasi ideal.

Lampiran 5. Glosarium

Istilah	Arti
Sensor	Komponen yang merasakan keadaan lingkungan (suhu, cahaya, gerak, dan sebagainya)
Aktuator	Komponen yang melakukan tindakan (menyalakan, menggerakkan, membunyikan)
Mikrokontroler	Komputer kecil yang menjalankan program kendali
Pin	Titik sambungan pada papan mikrokontroler
Ambang batas	Nilai yang menjadi pembatas berlakunya suatu aturan
Relay	Saklar elektronik untuk mengendalikan beban besar
Serial Monitor	Jendela pencatat kejadian dan nilai selama program berjalan
ADC	Pengubah sinyal analog menjadi angka digital (10 bit pada Uno: 0–1023; 12 bit pada ESP32: 0–4095)

Lampiran 6. Daftar Periksa Kesiapan Guru

- ☐ Berkas aplikasi telah disalin ke 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 dipilih dan dikaitkan dengan lingkungan peserta didik.
- ☐ LKPD dan rubrik dicetak sesuai jumlah kelompok.
- ☐ Kelompok dan peran bergantian telah ditetapkan.
- ☐ Rencana bantuan bagi peserta didik yang perlu penguatan dan tantangan pengayaan telah disiapkan.
- ☐ Cara pengumpulan rekap atau kode pekerjaan peserta didik telah disepakati.
- ☐ Waktu refleksi dan presentasi telah dialokasikan.

Lampiran 7. Rujukan

- Kerangka Pembelajaran Mendalam, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah: prinsip pembelajaran, pengalaman belajar, dan Delapan Dimensi Profil Lulusan.
- Keputusan Kepala BSKAP Nomor 046 Tahun 2025 tentang Capaian Pembelajaran (sesuaikan dengan program keahlian dan mata pelajaran).
- Aliyudin. *Naskah Inovasi Pembelajaran: Simulator IoT Tanpa Perangkat*. SMKS Ciledug Al-Musaddadiyah, Garut.
- Dewey, *Experience and Education*; Papert, *Mindstorms*; Kolb, *Experiential Learning*; Vygotsky, *Mind in Society*; Sweller, teori beban kognitif.