

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Identifikasi Masalah (*Identify the Problem*)

Problem Strater

Interpretasi (C4) dan Analisis (C5)

Science and Technology

Kegiatan Pembelajaran 1

(C4 Interpretasi - Penyebab)

Amati grafik Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Indonesia yang terdapat dalam materi pembelajaran diatas. **Analisis** tren data emisi CO₂ tersebut secara menyeluruh. **Jelaskan** secara logis bagaimana tren peningkatan emisi CO₂ dapat memengaruhi keseimbangan lingkungan dan menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat di wilayah perkotaan.

Jawab:

(C5 Analisis - Masalah Dasar)

Telusuri berbagai aktivitas manusia yang menjadi penyumbang utama emisi karbon dioksida (CO₂) berdasarkan grafik yang telah dianalisis dan sumber informasi ilmiah yang tersedia. **Analisis** keterkaitan antara aktivitas-aktivitas tersebut dengan tren peningkatan CO₂ di atmosfer Indonesia. **Kemukakan** pula bagaimana aktivitas tersebut berdampak pada pemanasan global secara lokal dan global.

Jawab:

Apa yang bisa kamu simpulkan dari keterkaitan antara aktivitas manusia dan data CO₂ ini?

Jawab:

Identifikasi Masalah (*Identify the Problem*)

Explore STEM

Interpretasi (C4) dan Analisis (C5)

Science and Technology

Kegiatan Pembelajaran 2

(C4 Interpretasi - Dampak Lanjutan)

Berdasarkan informasi dalam materi E-LKPD dan referensi ilmiah yang tersedia. **Jelaskan** bagaimana emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂, menimbulkan dampak tidak hanya secara ekologis (misalnya terhadap suhu dan cuaca ekstrem), tetapi juga memengaruhi kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat di kota besar seperti Jakarta dan Surabaya.

Jawab:

(C5 Analisis - Kompleksitas Tantangan)

Mengapa pengurangan emisi CO₂ di kota besar seperti Jakarta sulit dilakukan? **Jelaskan** dengan menganalisis data dalam E-LKPD dan informasi tambahan dari kebijakan pemerintah serta kebiasaan hidup masyarakat perkotaan berdasarkan sumber terpercaya (KLHK, CNN Indonesia, dan lainnya dari 2022–2024).

Jawab:

Menurutmu, faktor mana yang paling sulit diatasi dan mengapa? Apakah transisi energi bersih dapat berkontribusi terhadap penurunan emisi CO₂?

Jawab:

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Pengembangan Ide dan Alternatif Solusi (*Generate Ideas*)

Explore STEM

Inferensi (C5) dan Eksplanasi (C5)

Science, Technology, and Engineering

Kegiatan Pembelajaran 3

Polusi udara akibat emisi CO₂ di kota besar terus meningkat seiring pertumbuhan transportasi dan industri. Salah satu solusi inovatif yang berkembang adalah penggunaan sensor CO₂ berbasis Internet of Things (IoT) yang ditenagai oleh panel surya. Sistem ini memungkinkan pemantauan kualitas udara secara real-time dan hemat energi. Jelaskan bagaimana sistem tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan polusi udara secara berkelanjutan.

(C5 Eksplanasi - Simulasi Flowchart Teknologi Pemantauan CO₂)

🔴 **Tugas:** Buat flowchart sederhana sistem pemantauan CO₂ berbasis IoT dan tenaga surya.

💡 **Instruksi:** Jelaskan alasan pemilihan komponen. Bagaimana sistem tersebut bekerja dalam konteks sekolah/kota Anda.

Tabel 1. Rancangan Flowchart Pemantauan Kualitas Udara dengan IoT bertenaga surya

Komponen dan Deskripsi	Komponen dan Deskripsi
Sensor CO ₂ mendeteksi kualitas udara (MQ-135)	Panel Surya
Baterai Li-ion 3.7V (18650)	Modul TP4056
ESP32 Devkit 1	PCB
Modul OLED Display 0.96"	Modul Buzzer
Resistor	Boost Converter (DC-DC Step Up 5V)
Bd139	Kabel Micro USB
Data dikirim ke mikrokontroler (ESP 32)	Proses data dan pengiriman ke platform IoT (Blynk)

(C5 Inferensi - Analisis Kelebihan dan Kekurangan Prototipe IoT CO₂)

🔴 **Tugas:** Telusuri pengertian IoT dan contoh aplikasinya dalam pemantauan lingkungan. Jelajahi satu proyek IoT di GitHub dan satu fitur Blynk yang relevan. Analisis satu contoh alat pemantauan CO₂ dari GitHub atau Jurnal.

💡 **Instruksi:** Simpulkan keunggulan dan kelemahan sistem tersebut dalam konteks penggunaan di lingkungan sekolah atau kota besar.



GitHub: Sumber Kode dan Dokumentasi Proyek IoT



Blynk: Platform IoT untuk Kontrol dan Monitoring

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Pengembangan Ide dan Alternatif Solusi (*Generate Ideas*)

Explore STEM

Inferensi (C5) dan Eksplanasi (C5)

Science, Technology, and Engineering

Tabel 2. Analisis Sistem Pemantauan CO₂ Berbasis IoT

Komponen IoT	Fungsi Utama	Prinsip Kerja Sederhana	Keunggulan Konteks Sekolah/Kota	Kelemahan atau Kendala Teknis
MQ-135 (Sensor CO ₂)				
ESP 32 Devkit 1				
Panel Surya				

Pengembangan Ide dan Alternatif Solusi (*Generate Ideas*)

Literature Exploration

Inferensi (C5) dan Eksplanasi (C5)

Science, Technology, and Engineering

Kegiatan Pembelajaran 4

(C5 Inferensi - Studi Literatur Solusi Emisi Kota Besar)

 **Tugas:** Telaah satu artikel ilmiah tentang solusi pengurangan emisi CO₂ di kota besar, seperti Jakarta, Surabaya, atau kota besar lainnya. Artikel yang dapat digunakan antara lain:

- Penerapan Sensor dan Monitoring Lingkungan
- Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Kadar CO₂ di Udara
- Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis IoT pada Solar Panel

 **Instruksi:** Simpulkan gagasan utama solusi yang diajukan dalam artikel tersebut dan peluang penerapannya di lingkungan lokal.



Penerapan Sensor dan Monitoring Lingkungan



Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Kadar CO₂ di Udara

Pedoman pengetahuan metode kalibrasi sensor MQ-135 dan integrasinya dengan ESP32 + Blynk:



Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Thingspeak dan Website



Sistem Monitoring Polusi Udara Berbasis Sensor MQ-135 Untuk Deteksi Gas Co₂ dan Co: Studi Kasus di Lingkungan Perkotaan



Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis IoT pada Solar Panel



Pengawasan Polusi Udara Berbasis ESP32 dengan Sensor Gas MQ-2 dan MQ-135



Prototype of CO, CO₂, UV Light, Temperature and Humidity Detection Device Based on IoT and Solar Cells

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Pengembangan Ide dan Alternatif Solusi (*Generate Ideas*)

Literature Exploration

Inferensi (C5) dan Eksplanasi (C5)

Science, Technology, and Engineering

Tabel 3. Studi Literatur Solusi Pengurangan Emisi CO₂

Judul Artikel	Solusi yang Diajukan	Peluang Penerapan di Lingkungan Lokal
Penerapan Sensor dan Monitoring Lingkungan		
Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Kadar CO ₂ di Udara		
Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis IoT pada Solar Panel		

(C5 Eksplanasi - Perbandingan Referensi Solusi Teknologi)

 **Tugas:** Bandingkan dua referensi yang berkaitan dengan solusi berbasis teknologi untuk pemantauan emisi CO₂.

 **Instruksi:** Jelaskan alasan memilih salah satu solusi sebagai yang paling cocok untuk diterapkan dalam konteks lokal Anda dan dukung argumen dengan data yang ditemukan dalam kedua referensi tersebut.

Tabel 4. Perbandingan Solusi Teknologi Pemantauan Emisi CO₂

Referensi	Solusi yang Diajukan	Alasan Pemilihan Solusi yang Paling Cocok

Perancangan Solusi Terpilih (*Design a Solution*)

Design Thinking Canvas

Analisis (C5) dan Eksplanasi (C6)

Engineering, Mathematics, and Technology

Kegiatan Pembelajaran 5

(C5 Analisis dan C6 Eksplanasi - Pembuatan Sketsa Rancangan IoT CO₂)

 **Tugas:** Rancang sketsa awal sistem IoT pemantauan CO₂ yang Anda buat berdasarkan riset literatur dan data yang telah dikumpulkan. Tentukan komponen yang diperlukan, jelaskan alur kerja sistem, dan perlihatkan bagaimana alat ini dapat mendukung mitigasi perubahan iklim.

 **Instruksi:** Buat sketsa alat yang meliputi sirkuit dan komponen IoT. **Rancang** diagram alur kerja sistem. **Kolaborasi** dengan tim untuk menyempurnakan desain. **Dokumentasikan** proses dan simpan hasil desain.

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Perancangan Solusi Terpilih (*Design a Solution*)

Design Thinking Canvas

Analisis (C5) dan Eksplanasi (C6)

Engineering, Mathematics, and Technology

Merancang sketsa alat
(sirkuit & komponen IoT)

Membuat diagram alur
kerja sistem IoT

Kolaborasi & diskusi tim

Dokumentasi dan
penyimpanan proyek

Presentasi hasil
desain alat



SCAN ME

fritzing



SCAN ME

fritzing



SCAN ME



SCAN ME



SCAN ME



SCAN ME



SCAN ME



SCAN ME



(C5 Analisis dan C6 Eksplanasi - Pengumpulan Hasil Sketsa Proyek)

🔴 **Tugas:** Setelah menyelesaikan sketsa rancangan alat, kumpulkan hasil desain Anda sesuai dengan platform yang dipilih. Ambil tangkapan layar dari setiap tahapan pekerjaan dan unggah semua file ke link Google Drive kelas yang telah disediakan.

💡 **Instruksi:** Ambil tangkapan layar dari setiap langkah pekerjaan (sebaiknya dalam bentuk file unduhan). Unggah file dengan nama format: Nama Kelompok_Judul Proyek_Sketsa Komponen.



SCAN ME

Perancangan Solusi Terpilih (*Design a Solution*)

Virtual Prototyping

Analisis (C5) dan Eksplanasi (C6)

Engineering, Mathematics, and Technology

📁 Kegiatan Pembelajaran 6

(C5 Analisis dan C6 Eksplanasi - Simulasi dan Evaluasi Desain IoT Sensor CO₂ Bertenaga Surya)

🔴 **Tugas:** Setelah merancang alat IoT (Penugasan 5), lakukan simulasi dan evaluasi kinerja sistem untuk memastikan alat bekerja sesuai dengan harapan.

💡 **Instruksi:** Lakukan simulasi rangkaian sensor CO₂ dengan ESP32 menggunakan Fritzing atau Tinkercad. **Analisis** hasil simulasi untuk mengetahui fungsi alat, kendala teknis, dan solusi yang ditemukan. **Bandingkan** hasil simulasi dengan teori/literatur yang relevan untuk validasi. **Perbaiki** desain jika ditemukan kelemahan atau masalah.

Format Laporan Evaluasi Sistem IoT: Simulasi dan Validasi

Tabel 5. Evaluasi Sistem IoT: Simulasi dan Validasi

No	Komponen/ Parameter	Hasil Simulasi	Analisis Kendala	Apakah Sesuai Teori? ✓/✗	Solusi atau Optimasi
1.	MQ-135 (Sensor CO ₂)				
2.	ESP32 dan Blynk				
3.	Panel Surya				

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Perancangan Solusi Terpilih (*Design a Solution*)

Virtual Prototyping

Analisis (C5) dan Eksplanasi (C6)

Engineering, Mathematics, and Technology

Kegiatan Pembelajaran 7

(C5 Analisis dan C6 Eksplanasi - Perancangan Tampilan Monitoring Website di Blynk)

Tugas:

- Rancang tampilan website pemantauan CO₂ menggunakan platform Blynk.
- Atur widget yang dibutuhkan seperti Value Display, Chart, dan Notifikasi sesuai dengan arahan dan petunjuk pembuatan pada video disamping dengan meng-scan/klik barcode disamping.
- Tentukan parameter sensor CO₂ yang akan ditampilkan dan koneksi ESP32 yang disiapkan. Jangan lupa save dan salin link yang berisi coding untuk digunakan dalam koneksi dengan alat sensor CO₂ bertenaga surya dan Arduino IDE.
- Dokumentasikan tampilan desain akhir dashboard Blynk dalam bentuk tangkapan layar.



(C5 Analisis dan C6 Eksplanasi - Instalasi Arduino IDE dan Simulasi Koneksi Blynk)

Tugas:

- Unduh dan instal Arduino IDE di perangkat Anda melalui scan barcode di samping.
- Install “Library Manager” dalam Arduino IDE yang dibutuhkan untuk pemrograman dengan mengikuti arahan guru dalam pembelajaran.
- Analisis potensi tantangan teknis yang mungkin dihadapi saat praktik nyata di pertemuan pembelajaran selanjutnya (E-LKPD 2).
- Laporkan hasil simulasi dan dokumentasikan dalam bentuk tangkapan layar atau catatan observasi.



Penyusunan dan Pengujian Solusi (*Build and Test*)

Implementation and Testing Module

Regulasi Diri (C5) dan Evaluasi (C5)

Engineering, Technology, and Mathematics

Kegiatan Pembelajaran 8

(C5 Regulasi Diri dan Evaluasi - Simulasi Logika Sistem)

 **Tugas:** Uji coba tampilan Blynk yang telah Anda desain sebelumnya, dan lakukan simulasi urutan proses kerja alat berdasarkan rancangan Anda. Fokus pada alur logika sistem dan kesiapan integrasi antarkomponen secara konseptual (bukan praktik langsung).

 **Instruksi:** Simulasikan kembali logika kerja sistem pemantauan CO₂ bertenaga surya menggunakan tampilan Blynk yang telah Anda desain. Lakukan identifikasi dan evaluasi konseptual menggunakan tabel berikut ini:

Tabel 6. Identifikasi dan Evaluasi Konseptual Sistem Blynk

Aspek yang Dievaluasi	Hasil Pengamatan Simulasi	Kendala atau Potensi Masalah	Solusi atau Alternatif Perbaikan
Apakah data dapat tampil di Blynk sesuai pengaturan pin dan komponen?			

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Penyusunan dan Pengujian Solusi (*Build and Test*)

Implementation and Testing Module

Regulasi Diri (C5) dan Evaluasi (C5)

Engineering, Technology, and Mathematics

Tabel 6. Identifikasi dan Evaluasi Konseptual Sistem Blynk

Aspek yang Dievaluasi	Hasil Pengamatan Simulasi	Kendala atau Potensi Masalah	Solusi atau Alternatif Perbaikan
Apakah alur input-output sudah logis sesuai rancangan?			
Apa fitur yang sudah berfungsi dengan baik dalam desain Anda?			
Apa kemungkinan kesalahan saat integrasi dengan alat nanti?			

Evaluasi dan Bandingkan Hasil (*Evaluate*)

Implementation and Testing Module

Evaluasi (C6) dan Inferensi (C6)

Science and Mathematics

Kegiatan Pembelajaran 9

(C6 Evaluasi dan Inferensi - Evaluasi dan Perbandingan Hasil)

 **Tugas:** Bandingkan hasil simulasi tampilan Blynk yang telah Anda desain dengan kriteria kinerja yang telah Anda tentukan sebelumnya, seperti akurasi data, alur input-output, dan fungsionalitas sistem. Evaluasilah kinerja sistem secara menyeluruh berdasarkan data simulasi yang telah dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan sistem tersebut.

 **Instruksi:** Gunakan hasil simulasi yang diperoleh dari pengujian tampilan Blynk dan sistem pemantauan CO₂ yang telah Anda desain, seperti data level CO₂ yang ditampilkan, alur logika input-output, serta reaksi sistem terhadap pengaturan yang dilakukan. Evaluasi seberapa baik sistem ini berfungsi dan identifikasi aspek-aspek yang perlu perbaikan. Berdasarkan evaluasi tersebut, buat inferensi untuk perbaikan desain lebih lanjut.

Tabel 7. Evaluasi dan Perbandingan Hasil

Aspek yang Dievaluasi	Hasil Pengamatan Simulasi	Rekomendasi Perbaikan	Inferensi untuk Desain Ke Depan
Apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan?			

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Evaluasi dan Bandingkan Hasil (*Evaluate*)

Implementation and Testing Module

Evaluasi (C6) dan Inferensi (C6)

Science and Mathematics

Tabel 7. Evaluasi dan Perbandingan Hasil

Aspek yang Dievaluasi	Hasil Pengamatan Simulasi	Rekomendasi Perbaikan	Inferensi untuk Desain Ke Depan
Apakah hasil simulasi menunjukkan potensi masalah dalam integrasi sistem ?			
Apa perbaikan atau perubahan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi sistem?			
Bagaimana sistem dapat dioptimalkan berdasarkan hasil pengujian?			

Penyempurnaan Berdasarkan Evaluasi Data (*Redesign*)

Collaborative Review and Optimization

Regulasi Diri (C6) dan Analisis (C5)

Engineering and Technology

Kegiatan Pembelajaran 10

(C6 Regulasi Diri dan C5 Analisis - Penyempurnaan Rancangan Berdasarkan Evaluasi Data)

 **Tugas:** Evaluasilah desain alat pemantauan CO₂ yang telah Anda buat dan identifikasi kelemahan yang perlu diperbaiki. Kerjakan revisi bersama rekan Anda untuk mengembangkan solusi yang lebih efektif dan efisien.

 **Instruksi:** Gunakan hasil evaluasi dan umpan balik dari simulasi serta diskusikan bersama rekan Anda. Revisi desain sistem pemantauan CO₂ berdasarkan analisis kelemahan yang ditemukan dan buat perbaikan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi alat. Gunakan tabel berikut untuk mencatat hasil evaluasi dan perbaikan yang Anda buat.

Tabel 8. Penyempurnaan Rancangan Berdasarkan Evaluasi Data

Aspek yang Dievaluasi	Hasil Evaluasi Desain	Perbaikan yang Diperlukan	Solusi yang Ditetapkan
Kelemahan dalam Alur Input-Output			
Keterbatasan dalam Akurasi Pengukuran			
Masalah Integrasi Sistem			
Kinerja Tampilan Blynk dan Efisiensi Energi			

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Penyampaian Hasil Akhir (*Communicate Results*)

Digital Presentation Toolkit

Eksplanasi (C6) dan Interpretasi (C5)

Science and Technology

Kegiatan Pembelajaran 11

(C6 Eksplanasi dan C5 Interpretasi - Penyajian Hasil Akhir)

🔴 **Tugas:** Susun dan presentasikan laporan akhir proyek sistem pemantauan CO₂ bertenaga surya dalam bentuk infografis digital. Sajikan hasil data, alur kerja sistem, serta solusi yang telah dikembangkan secara sistematis dan menarik.

💡 **Instruksi:** Gunakan infografis digital (misalnya Canva, PowerPoint, atau poster online) untuk menyajikan hasil akhir proyek Anda. Tampilkan data simulasi, desain sistem, perbaikan yang telah dilakukan, serta manfaat teknologi yang digunakan. Sertakan interpretasi visual dari data serta penjelasan alasan di balik keputusan desain Anda. Presentasikan karya Anda di hadapan rekan-rekan untuk mendapatkan umpan balik.

Tabel 9. Format Infografis Laporan Akhir (Panduan Isi)

Komponen Infografis (Isi yang Ditampilkan)	Komponen Infografis (Isi yang Ditampilkan)
Judul Proyek (Nama sistem dan fokus solusi)	Tujuan Proyek (Permasalahan yang ingin diselesaikan dan tujuan spesifik proyek)
Desain Sistem (Diagram alur kerja, pinout Blynk, atau logika sistem)	Data Simulasi (Visualisasi data hasil uji Blynk atau simulasi CO ₂ (grafik, tabel))
Perbaikan Desain (Masalah yang ditemukan dan solusi yang diambil)	Manfaat Sistem (Penjelasan dampak atau potensi penggunaan sistem di dunia nyata)
Kesimpulan dan Rekomendasi (Ringkasan hasil dan saran pengembangan lebih lanjut)	Nama Tim dan Aplikasi yang Digunakan (Nama anggota dan tools yang dipakai (Blynk, Tinkercad, Canva, dll))

Penyampaian Hasil Akhir (*Communicate Results*)

Peer Review and Feedback

Eksplanasi (C6) dan Interpretasi (C5)

Science and Technology

(C6 Eksplanasi dan C5 Interpretasi - Penyajian Hasil Akhir)

🔴 **Tugas:** Berikan umpan balik konstruktif terhadap presentasi infografis proyek teman Anda. Identifikasi kelebihan, kekurangan, serta berikan saran perbaikan yang jelas dan berbasis data yang disajikan. Gunakan panduan evaluasi untuk membantu Anda menyusun masukan secara objektif dan sistematis.

💡 **Instruksi:** Amati infografis proyek teman Anda dan isilah format umpan balik dengan mencantumkan aspek yang dievaluasi, kekuatan presentasi, serta saran perbaikannya. Jadilah pendengar aktif dan penyaji kritik yang membangun untuk mendukung penyempurnaan karya rekan Anda. Setelah diskusi dan penyempurnaan dilakukan, unggah hasil revisi infografis atau dokumen umpan balik kelompok Anda ke tautan Google Drive yang telah disediakan oleh guru. Gunakan nama file yang sesuai format: Nama Kelompok_Tahap Presentasi_Revisi.

