

MODUL AJAR

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

INFORMASI UMUM	
A. IDENTITAS MODUL	
Penyusun	: Adzkia Diana Iriani Salsabila Fa'izatul Fitria Indah Munawwarah Indra
Institusi	: SMAN 2 Kota Sungai Penuh
Tahun Penyusunan	: Tahun 2026
Jenjang Sekolah	: SMA/MA
Mata Pelajaran	: Fisika
Fase F, Kelas / Semester	: XII (Dua Belas) / I (Ganjil)
Alokasi Waktu	: 4 x Pertemuan (19 JP)
Capaian Pembelajaran Fase F	: Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak partikel, usaha dan energi, fluida dinamis, getaran harmonis, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek fisika sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang fisika. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong.
Elemen	: Pemahaman Fisika Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor, kinematika dan dinamika gerak, fluida, gejala gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep kalor dan termodinamika, dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor.

Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu memahami prinsip-prinsip gerbang logika dan pemanfaatannya dalam sistem komputer dan perhitungan digital lainnya. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi.

Keterampilan proses

1. Mengamati

Peserta didik mampu mengoptimalkan potensi menggunakan ragam alat bantu untuk melakukan pengamatan.

2. Mempertanyakan dan memprediksi

Peserta didik mampu mempertanyakan dan memprediksi berdasarkan hasil observasi, mampu merumuskan permasalahan yang ada dan mampu mengajukan pertanyaan kunci untuk menyelesaikan masalah.

3. Merencanakan dan melakukan

penyelidikan Peserta didik mengidentifikasi latar belakang masalah, merumuskan tujuan, dan menggunakan referensi dalam perencanaan penelitian.

Peserta didik membedakan variabel, termasuk yang dikendalikan dan variabel bebas, menggunakan instrumen yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Peserta didik menentukan langkah langkah kerja dan cara pengumpulan data.

4. Memproses, menganalisis data dan

informasi Peserta didik menyiapkan peralatan/ instrumen yang sesuai untuk penelitian ilmiah, menggunakan alat ukur secara teliti dan benar, mengenal keterbatasan dan kelebihan alat ukur yang dipakai.

Peserta didik menerapkan teknis/ proses pengumpulan data, mengolah data sesuai jenisnya/sesuai keperluan, menganalisis data dan menyimpulkan hasil penelitian serta memberikan rekomendasi tindak lanjut/saran dari hasil penelitian.

5. Mencipta

Peserta didik mampu menggunakan hasil analisis data dan informasi untuk menciptakan ide solusi ataupun

rancang bangun untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

6. Mengevaluasi dan refleksi

Peserta didik berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, mengembangkan keingintahuan, dan memiliki kepedulian terhadap lingkungan.

Peserta didik mengajukan argumentasi ilmiah dan kritis berani mengusulkan perbaikan atas suatu kondisi dan bertanggungjawab terhadap usulannya.

Peserta didik bersikap jujur terhadap temuan data/fakta.

7. Mengomunikasikan hasil

Peserta didik menyusun laporan tertulis hasil penelitian serta mengomunikasikan hasil penelitian, prosedur perolehan data, cara mengolah dan cara menganalisis data serta mengomunikasikan kesimpulan yang sesuai untuk menjawab masalah penelitian /penyelidikan secara lisan atau tulisan Peserta didik menyajikan hasil pengolahan data dalam bentuk tabel, grafik, diagram alur/ flowchart dan/atau peta konsep, menyajikan data dengan simbol dan standar internasional dengan benar, dan menggunakan media yang sesuai dalam penyajian hasil pengolahan data. Peserta didik mendeskripsikan kecenderungan hubungan, pola, dan keterkaitan variabel dan menggunakan bahasa, simbol dan peristilahan yang sesuai untuk bidang fisika.

B. KOMPETENSI AWAL

Subbab A. Perambatan Gelombang

- Peserta didik telah memahami medan listrik, medan magnet, dan perubahannya.
- Peserta didik telah memahami gelombang berjalan dan sifat-sifatnya.

Subbab B. Spektrum GEM

- Peserta didik telah memahami sifat-sifat gelombang elektromagnetik dan laju gelombang elektromagnetik.

: Subbab C. Energi Gelombang

- Peserta didik telah memahami konsep daya dan intensitas gelombang.

Subbab D. Pemanfaatan GEM

- Peserta didik telah memahami spektrum gelombang elektromagnetik dan energinya.

C. PROFIL PELAJAR PANCASILA

Profil Pelajar Pancasila. Peserta didik juga tetap diberikan pengalaman belajar secara berkelompok agar mampu bergotong royong serta tetap berpikir kreatif, misalnya dalam

penyajian hasil karya.
D. SARANA DAN PRASARANA
1. Gawai 2. Laptop/Komputer PC 3. Akses Internet 4. Buku Teks 5. Papan tulis/White Board 6. Lembar kerja 7. Handout materi 8. Infokus/Proyektor/Pointer 9. Referensi lain yang mendukung
E. TARGET PESERTA DIDIK
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik reguler/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.
F. MODEL PEMBELAJARAN
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Model pembelajaran tatap muka dan pembelajaran <i>Problem Based Learning</i>
KOMPONEN INTI
A. TUJUAN KEGIATAN PEMBELAJARAN
<p>Tujuan Pembelajaran</p> <p>12.5. Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat mengidentifikasi gelombang elektromagnetik (proses terjadinya, sifat-sifat, spektrum, dan laju gelombang elektromagnetik), serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.</p> <p>Tujuan Pembelajaran Subbab :</p> <p>Pertemuan Pertama : Subbab A. Perambatan Gelombang</p> <p>12.5.1. Peserta didik dapat memahami terjadinya gelombang elektromagnetik.</p> <p>12.5.2. Peserta didik dapat memahami sifat-sifat gelombang elektromagnetik.</p> <p>12.5.3. Peserta didik dapat menerapkan laju gelombang elektromagnetik.</p> <p>Pertemuan Kedua : Subbab B. Spektrum GEM</p> <p>12.5.4. Peserta didik dapat mengidentifikasi spektrum gelombang elektromagnetik.</p> <p>Pertemuan Ketiga : Subbab C. Energi Gelombang</p> <p>12.5.5. Peserta didik dapat menentukan energi gelombang elektromagnetik.</p> <p>Pertemuan Keempat : Subbab D. Pemanfaatan GEM</p> <p>12.5.6. Peserta didik dapat menganalisis pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.</p>
B. PEMAHAMAN BERMAKNA
<p>Gelombang elektromagnetik merupakan salah satu materi esensial dalam pembelajaran fisika berkaitan banyak pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Melalui analisis berbagai teknologi pemanfaatan gelombang elektromagnetik, peserta didik mendapat pengalaman belajar untuk bernalar kritis.</p>
C. PERTANYAAN PEMANTIK
<p>Pertanyaan Pemantik : A. Perambatan Gelombang</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bagaimana handphone dapat mengirimkan data ke handphone lainnya tanpa

melalui kabel? Gelombang elektromagnetik apa yang digunakan, dan bagaimana gelombang tersebut bisa merambat tanpa media perantara?

Pertanyaan Pemantik : Subbab B. Spektrum GEM

- Mengapa termometer tembak bisa mengukur suhu tubuh kita tanpa menyentuh bagian tubuh manapun? Jenis gelombang elektromagnetik apa yang bekerja di balik teknologi ini?

Pertanyaan Pemantik : Subbab C. Energi Gelombang

- Jika energi GEM dari matahari sudah ada sejak miliaran tahun, mengapa baru sekarang pemanasan global menjadi ancaman serius? Berapa besar energi radiasi GEM yang diterima bumi per satuan luas? Apa yang bisa kita lakukan secara ilmiah untuk mengurangi dampaknya?

Pertanyaan Pemantik : Subbab D. Pemanfaatan GEM

- Mengapa teknologi berbasis GEM seperti GPS dan komunikasi seluler masih memiliki kelemahan dalam kondisi tertentu? Apa yang menyebabkan sinyal GEM bisa terganggu, dan inovasi apa yang sedang atau bisa dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut?

D. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Pertemuan Pertama : A. Perambatan Gelombang (3 JP)

Persiapan Mengajar:



Guru perlu menyiapkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sebelum kegiatan pembelajaran untuk menunjang setiap aktivitas yang harus dilakukan selama proses pembelajaran. LKPD dapat berupa LKPD digital yang diintegrasikan dalam *Learning Management System* (LMS) atau LKPD cetak yang dibagikan kepada peserta didik saat proses konstruksi pengetahuan. Selain itu guru juga perlu menyiapkan bahan tayangan berupa simulasi untuk memberikan gambaran bagaimana gelombang elektromagnetik dihasilkan. Contoh simulasi:



A. KEGIATAN PENDAHULUAN (15 Menit)

No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
1	Pembukaan	<ul style="list-style-type: none"> • Membuka pembelajaran dengan salam dan doa. • Memeriksa kehadiran peserta didik sebagai wujud disiplin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjawab salam guru dan berdoa bersama. • Merespons presensi. 	5 menit
2	Apersepsi & Motivasi	<ul style="list-style-type: none"> • Mendemonstrasikan pengiriman data via Bluetooth atau remote control. • Mengajukan apersepsi tentang 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyaksikan demonstrasi dengan antusias. • Menjawab pertanyaan apersepsi tentang medan listrik 	10 menit

		<p>medan listrik, medan magnet, dan sifat-sifat gelombang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyampaikan tujuan pembelajaran Subbab A: Perambatan Gelombang. 	<p>dan magnet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mencatat tujuan pembelajaran. 	
B. KEGIATAN INTI — Sintaks PBL (105 Menit)				
No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
3	Fase 1: Orientasi Masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan pertanyaan pemantik: Bagaimana handphone mengirim data tanpa kabel? Gelombang apa yang digunakan? • Mendorong peserta didik merumuskan pertanyaan dan hipotesis awal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Membaca dan menganalisis pertanyaan pemantik. • Mengemukakan hipotesis awal tentang pengiriman data tanpa kabel. • Mencatat pertanyaan yang muncul. 	10 menit
4	Fase 2: Mengorganisasi Peserta Didik	<ul style="list-style-type: none"> • Membagi peserta didik dalam kelompok (4-5 orang). • Membagikan LKPD Aktivitas 5.1 tentang sifat-sifat GEM. • Menjelaskan mekanisme diskusi dan presentasi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bergabung dalam kelompok. • Membaca dan memahami petunjuk LKPD. • Membagi tugas dalam kelompok. 	5 menit
5	Fase 3: Membimbing Penyelidikan	<ul style="list-style-type: none"> • Memantau jalannya diskusi kelompok. • Memberikan pertanyaan pemandu: Bagaimana arah medan listrik dan magnet terhadap arah rambat? • Memfasilitasi akses ke simulasi GEM (jika tersedia internet). 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan penyelidikan dan diskusi kelompok tentang bagaimana GEM dihasilkan dan sifat-sifatnya (Aktivitas 5.1). • Menggunakan simulasi / sumber belajar lain. • Mencatat hasil penyelidikan di LKPD. 	30 menit
6	Fase 4: Mengembangkan & Menyajikan Hasil	<ul style="list-style-type: none"> • Mempersilakan perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi. • Mendorong kelompok lain untuk menanggapi. • Mencatat poin penting di papan tulis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perwakilan kelompok mempresentasikan temuan tentang terjadinya GEM dan sifat-sifatnya. • Kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. • Mencatat hasil diskusi kelas. 	20 menit
7	Fase 5: Menganalisis & Mengevaluasi	<ul style="list-style-type: none"> • Memberi penguatan: sifat-sifat GEM berdasarkan Hipotesis Maxwell dan eksperimen Hertz. • Membimbing peserta didik menghitung laju GEM. • Menjelaskan $c = 3 \times 10^8$ m/s di ruang hampa. • Membahas Ayo Cek Pemahaman 5.1 bersama 	<ul style="list-style-type: none"> • Mencatat penguatan konsep dari guru. • Secara mandiri menghitung laju GEM berdasarkan hipotesis Maxwell. • Menjawab Ayo Cek Pemahaman 5.1. • Mendiskusikan jawaban dalam kelas. 	40 menit

		kelas.	• Merefleksikan pembelajaran.	
C. KEGIATAN PENUTUP (15 Menit)				
No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
8	Penutup & Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> • Membimbing peserta didik membuat kesimpulan materi. • Melakukan tanya jawab singkat untuk mengecek pemahaman. • Menyampaikan materi pertemuan berikutnya (Spektrum GEM). • Memimpin doa penutup dan salam. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bersama guru menyimpulkan materi GEM, sifat-sifat, dan laju GEM. • Menjawab pertanyaan guru secara lisan. • Mencatat materi pertemuan berikutnya. • Berdoa dan menjawab salam. 	15 menit
Pertemuan Kedua : Subbab B. Spektrum GEM (2 JP)				
<p>Dalam pembelajaran subbab spektrum gelombang elektromagnetik, perlu disiapkan media yang akan digunakan seperti gambar-gambar penggunaan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari, contoh Gambar 5.2.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small; text-align: center;">Gambar 5.2 Contoh pemanfaatan GEM Sumber : Nurdia Acharyana/Universitas Muaraji (UM)</p> </div> <p>Selain itu juga perlu disiapkan alat-alat aplikasi gelombang elektronik yang akan didemonstrasikan oleh peserta didik untuk meningkatkan motivasi belajar mereka, misalkan thermometer tembak. Bahan lain yang perlu disiapkan yaitu LKPD dengan kolom lebih besar untuk menuliskan hasil penyelidikan pemanfaatan gelombang elektromagnetik. Sebagai bahan penyelidikan yang interaktif, dapat dicoba tautan berikut.</p> <div style="text-align: center;">  </div>				

A. KEGIATAN PENDAHULUAN (15 Menit)				
No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
1	Pembukaan	<ul style="list-style-type: none"> Membuka pembelajaran dengan salam dan doa. Memeriksa kehadiran peserta didik. 	<ul style="list-style-type: none"> Menjawab salam dan berdoa bersama. Merespons presensi. 	5 menit
2	Apersepsi & Motivasi	<ul style="list-style-type: none"> Mendemonstrasikan pengukuran suhu dengan termometer tembak (inframerah). Menampilkan gambar kamera pendeteksi suhu di bandara/mal. Mengajukan pertanyaan: jenis GEM apa yang digunakan pada alat-alat ini? Menyampaikan tujuan pembelajaran Subbab B: Spektrum GEM. 	<ul style="list-style-type: none"> Menyaksikan demonstrasi termometer tembak. Mengamati gambar kamera pendeteksi suhu. Mengemukakan pendapat awal tentang jenis GEM yang digunakan. Mencatat tujuan pembelajaran. 	10 menit
B. KEGIATAN INTI — Sintaks PBL (65 Menit)				
No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
3	Fase 1: Orientasi Masalah	<ul style="list-style-type: none"> Menampilkan pertanyaan pemantik: Mengapa termometer tembak bisa mengukur suhu tubuh tanpa menyentuhnya? Jenis GEM apa yang bekerja? Mendorong peserta didik menyadari GEM memiliki beragam panjang gelombang dengan sifat berbeda. 	<ul style="list-style-type: none"> Membaca dan mendiskusikan pertanyaan pemantik. Merumuskan hipotesis: kemungkinan gelombang panas/inframerah yang berperan. Menuliskan pertanyaan lanjutan yang ingin dijawab. 	10 menit
4	Fase 2: Mengorganisasi Peserta Didik	<ul style="list-style-type: none"> Membagi peserta didik dalam kelompok. Membagikan LKPD Aktivitas 5.2 tentang eksplorasi spektrum GEM. Menjelaskan tugas: mengisi tabel panjang gelombang, frekuensi, dan contoh aplikasi setiap jenis GEM. 	<ul style="list-style-type: none"> Bergabung dalam kelompok. Membaca dan memahami LKPD. Mendiskusikan pembagian tugas eksplorasi. 	5 menit
5	Fase 3: Membimbing Penyelidikan	<ul style="list-style-type: none"> Membimbing kelompok mengeksplorasi spektrum GEM dari buku/internet. Mengajukan pertanyaan pemandu: Bagaimana urutan panjang gelombang dari terpendek ke terpanjang? 	<ul style="list-style-type: none"> Secara berkelompok mengeksplorasi spektrum GEM: panjang gelombang, frekuensi, dan pemanfaatan setiap jenisnya. Mengisi tabel LKPD. Berdiskusi tentang hubungan frekuensi-panjang gelombang. 	25 menit

		<ul style="list-style-type: none"> Mengarahkan peserta didik menemukan hubungan frekuensi, panjang gelombang, dan energi GEM. 		
6	Fase 4: Mengembangkan & Menyajikan Hasil	<ul style="list-style-type: none"> Mempersilakan perwakilan kelompok mempresentasikan hasil eksplorasi. Memfasilitasi diskusi kelas untuk memverifikasi konsep. Memberi kesempatan menjelaskan cara kerja termometer tembak. 	<ul style="list-style-type: none"> Perwakilan kelompok mempresentasikan tabel spektrum GEM. Kelompok lain menanggapi dan melengkapi. Menjelaskan bagaimana termometer tembak memanfaatkan inframerah untuk mengukur suhu tanpa kontak — sebagai solusi masalah pemanik. 	20 menit
7	Fase 5: Menganalisis & Mengevaluasi	<ul style="list-style-type: none"> Memberi penguatan: spektrum GEM dari frekuensi tertinggi (sinar gamma) ke terendah (gelombang radio), sumber dan pemanfaatannya. Membahas Ayo Cek Pemahaman 5.2 bersama kelas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mencatat penguatan konsep. Secara mandiri menjawab Ayo Cek Pemahaman 5.2. Mendiskusikan jawaban dalam kelas. Melakukan refleksi pembelajaran. 	10 menit

C. KEGIATAN PENUTUP (10 Menit)

No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
8	Penutup & Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> Membimbing peserta didik menyimpulkan spektrum GEM dan pemanfaatannya. Melakukan tanya jawab singkat. Menyampaikan materi pertemuan berikutnya (Energi GEM). Memimpin doa penutup dan salam. 	<ul style="list-style-type: none"> Bersama guru menyimpulkan spektrum GEM, panjang gelombang, frekuensi, dan pemanfaatannya. Menjawab pertanyaan guru. Mencatat materi pertemuan berikutnya. Berdoa dan menjawab salam. 	5 menit

Pertemuan Ketiga : Subbab C. Energi Gelombang (2 JP)

A. KEGIATAN PENDAHULUAN (15 Menit)

No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
1	Pembukaan	<ul style="list-style-type: none"> Membuka pembelajaran dengan salam dan doa. Memeriksa kehadiran peserta didik. 	<ul style="list-style-type: none"> Menjawab salam dan berdoa. Merespons presensi. 	5 menit
2	Apersepsi & Motivasi	<ul style="list-style-type: none"> Menampilkan data dan grafik: persentase es abadi di kutub yang 	<ul style="list-style-type: none"> Mengamati data dan grafik tentang pemanasan global. 	10 menit

		<p>menyusut dalam 50 tahun terakhir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan data perubahan musim (kemarau semakin panjang). • Mengingat kembali konsep daya, intensitas, dan energi. • Menyampaikan tujuan pembelajaran Subbab C: Energi Gelombang. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengingat kembali konsep intensitas, daya, dan energi. • Mencatat tujuan pembelajaran. 	
B. KEGIATAN INTI — Sintaks PBL (70 Menit)				
No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
3	Fase 1: Orientasi Masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Menyajikan masalah: Jika energi GEM matahari sudah ada miliaran tahun, mengapa baru sekarang pemanasan global menjadi ancaman serius? Berapa besar energi yang diterima bumi per satuan luas? • Memfasilitasi peserta didik merumuskan masalah secara tertulis. • Mendorong peserta didik mengidentifikasi variabel yang berpengaruh. 	<ul style="list-style-type: none"> • Membaca dan menganalisis masalah yang disajikan. • Merumuskan masalah secara tertulis di LKPD. • Mengidentifikasi variabel: intensitas, daya, luas permukaan, waktu. • Menuliskan hipotesis awal. 	15 menit
4	Fase 2: Mengorganisasi Peserta Didik	<ul style="list-style-type: none"> • Membagi peserta didik dalam kelompok. • Membagikan LKPD tentang energi, daya, dan intensitas GEM. • Menjelaskan tugas: menghitung energi radiasi GEM dan menganalisis kaitannya dengan pemanasan global. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bergabung dalam kelompok. • Membaca dan memahami LKPD. • Mendiskusikan pembagian peran. 	5 menit
5	Fase 3: Membimbing Penyelidikan	<ul style="list-style-type: none"> • Membimbing diskusi kelompok tentang persamaan energi GEM ($E=hf$), daya (P), dan intensitas ($I=P/A$). • Mengajukan pertanyaan pemandu: Bagaimana intensitas radiasi matahari memengaruhi suhu permukaan bumi? • Memfasilitasi literasi Aktivitas 5.5 Pemanasan Global. 	<ul style="list-style-type: none"> • Berdiskusi menentukan hubungan antara energi, daya, dan intensitas GEM. • Mengerjakan perhitungan pada LKPD. • Melakukan literasi Aktivitas 5.5: menganalisis hubungan energi GEM dengan pemanasan global. • Merumuskan solusi: langkah apa yang dapat mengurangi dampak radiasi berlebih? 	30 menit
6	Fase 4: Mengembangkan & Menyajikan Hasil	<ul style="list-style-type: none"> • Mempersilakan perwakilan kelompok mempresentasikan hasil perhitungan dan analisis literasi. • Mendorong kelompok lain 	<ul style="list-style-type: none"> • Mempresentasikan hasil diskusi: energi, daya, intensitas GEM, dan dampaknya terhadap pemanasan global. • Menawarkan SOLUSI berbasis fisika untuk mengurangi dampak 	25 menit

		<p>memberikan tanggapan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memastikan setiap kelompok menyertakan solusi berbasis fisika. 	<p>pemanasan global (contoh: panel surya, material pemantul inframerah, pembatasan emisi gas rumah kaca).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kelompok lain menanggapi dan menambahkan. 	
7	Fase 5: Menganalisis & Mengevaluasi	<ul style="list-style-type: none"> • Memberi penguatan konsep energi GEM, daya, dan intensitas. • Membahas Ayo Cek Pemahaman 5.3 bersama kelas. • Menghubungkan kembali solusi yang diusulkan peserta didik dengan konsep fisika. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mencatat penguatan konsep. • Secara mandiri menjawab Ayo Cek Pemahaman 5.3. • Mendiskusikan jawaban. • Merefleksikan: apakah masalah pemanasan global dapat dijelaskan secara fisis dan ada solusinya? 	5 menit

C. KEGIATAN PENUTUP (5 Menit)

No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
8	Penutup & Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> • Membimbing peserta didik menyimpulkan energi GEM dan keterkaitannya dengan pemanasan global. • Melakukan tanya jawab singkat. • Menyampaikan materi pertemuan berikutnya (Pemanfaatan GEM). • Memimpin doa penutup dan salam. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bersama guru menyimpulkan: energi, daya, intensitas GEM, dampak pemanasan global, dan solusinya. • Menjawab pertanyaan guru. • Mencatat materi pertemuan berikutnya. • Berdoa dan menjawab salam. 	5 menit

Pertemuan Keempat : Subbab D. Pemanfaatan GEM (2 JP)

A. KEGIATAN PENDAHULUAN (15 Menit)

No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
1	Pembukaan	<ul style="list-style-type: none"> • Membuka pembelajaran dengan salam dan doa. • Memeriksa kehadiran peserta didik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjawab salam dan berdoa. • Merespons presensi. 	5 menit
2	Apersepsi & Motivasi	<ul style="list-style-type: none"> • Meminta peserta didik mendemonstrasikan panggilan VoIP, lalu mengamati delay suara yang terjadi. • Meminta peserta didik mengaktifkan GPS di HP dan mengamati waktu akuisisi lokasi. • Bertanya: mengapa ada jeda/delay? Apa hubungannya 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendemonstrasikan panggilan VoIP dan mengamati delay yang terjadi. • Mengamati waktu akuisisi GPS di HP. • Mengemukakan pendapat: sinyal harus pergi ke satelit terlebih dahulu. 	10 menit

		dengan kecepatan GEM? • Menyampaikan tujuan pembelajaran Subbab D: Pemanfaatan GEM.	• Mencatat tujuan pembelajaran.	
B. KEGIATAN INTI — Sintaks PBL (70 Menit)				
No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
3	Fase 1: Orientasi Masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Menyajikan masalah: Mengapa teknologi berbasis GEM seperti GPS dan komunikasi seluler masih memiliki kelemahan dalam kondisi tertentu? • Memfasilitasi peserta didik merumuskan masalah: Mengapa GPS tidak akurat di dalam gedung? Bagaimana sinyal GEM dari satelit bisa menembus atmosfer tetapi terhambat gedung? • Mendorong peserta didik menghubungkan konsep GEM dengan teknologi sehari-hari. 	<ul style="list-style-type: none"> • Membaca dan menganalisis masalah yang disajikan. • Merumuskan masalah secara tertulis. • Berhipotesis: bangunan menyerap atau memantulkan gelombang radio sehingga sinyal GPS melemah. • Mengidentifikasi pertanyaan lanjutan yang ingin diselidiki. 	10 menit
4	Fase 2: Mengorganisasi Peserta Didik	<ul style="list-style-type: none"> • Membagi peserta didik ke dalam 6 kelompok sesuai topik: <ol style="list-style-type: none"> (1) Sinar gamma & sinar X (2) Sinar UV (3) Cahaya tampak & inframerah (4) Cara kerja HP dalam panggilan seluler (5) Cara kerja GPS & kelemahan di dalam gedung (6) Radar & teleskop radio • Membagikan LKPD-2: Aplikasi GEM. • Setiap kelompok WAJIB menyertakan: prinsip kerja, identifikasi masalah, dan solusi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bergabung dalam kelompok sesuai topik. • Membaca LKPD dan mendiskusikan pembagian tugas. • Memahami bahwa output harus memuat: (a) prinsip kerja GEM, (b) masalah/kelemahan teknologi, (c) solusi/inovasi yang sudah atau bisa dikembangkan. 	5 menit
5	Fase 3: Membimbing Penyelidikan	<ul style="list-style-type: none"> • Berkeliling memantau diskusi tiap kelompok. • Mengajukan pertanyaan pemandu: Masalah apa yang muncul dari pemanfaatan GEM ini? Apakah ada dampak negatif? • Mengarahkan kelompok agar tidak hanya menguraikan cara kerja, tetapi juga mengidentifikasi tantangan dan solusinya. • Membantu kelompok yang kesulitan mengakses informasi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan eksplorasi mendalam tentang topik masing-masing. • Mengidentifikasi masalah nyata (contoh: radiasi sinar X berlebih berbahaya; GPS tidak akurat di dalam gedung; delay VoIP karena jarak ke satelit). • Merumuskan solusi yang sudah atau bisa diterapkan. • Menyiapkan bahan presentasi kreatif (infografik, slide, poster digital). 	30 menit

6	Fase 4: Mengembangkan & Menyajikan Hasil	<ul style="list-style-type: none"> • Mempersilakan setiap kelompok mempresentasikan topiknya. • Memastikan setiap presentasi mencakup: prinsip kerja GEM, masalah yang diidentifikasi, dan SOLUSI yang diusulkan. • Memfasilitasi diskusi kelas dan tanya jawab antar kelompok. 	<ul style="list-style-type: none"> • Setiap kelompok mempresentasikan hasil eksplorasi secara kreatif. • Menyampaikan solusi/inovasi atas masalah yang ditemukan (contoh: teknologi 5G mengatasi keterbatasan sinyal; teknik augmentasi GPS untuk akurasi lebih tinggi di dalam gedung). • Kelompok lain mengajukan pertanyaan dan mengevaluasi solusi yang diajukan. 	30 menit
7	Fase 5: Menganalisis & Mengevaluasi	<ul style="list-style-type: none"> • Memberi penguatan tentang pemanfaatan GEM dalam berbagai bidang. • Menghubungkan semua presentasi dengan konsep spektrum GEM yang telah dipelajari. • Menegaskan bahwa setiap teknologi GEM lahir sebagai solusi atas suatu masalah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mencatat penguatan guru. • Merefleksikan: teknologi GEM mana yang paling berdampak dalam kehidupan sehari-hari? • Menuliskan refleksi di LKPD. 	5 menit

C. KEGIATAN PENUTUP (5 Menit)

No.	Sintaks PBL	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Alokasi Waktu
8	Penutup & Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> • Membimbing peserta didik menyimpulkan pemanfaatan GEM dalam berbagai bidang. • Melakukan tanya jawab singkat. • Menyampaikan informasi evaluasi akhir bab. • Memimpin doa penutup dan salam. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bersama guru menyimpulkan pemanfaatan GEM: komunikasi, navigasi, medis, astronomi. • Menjawab pertanyaan guru. • Mencatat jadwal evaluasi. • Berdoa dan menjawab salam. 	5 menit

E. REFLEKSI

Refleksi Guru:

Guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran pada akhir pembelajaran, di antaranya sebagai berikut.

1. Setelah mempelajari materi gelombang elektromagnetik, apakah peserta didik memiliki pandangan pentingnya konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari?
2. Melalui aktivitas yang sangat dekat dengan keseharian peserta didik, seperti penggunaan HP, apakah antusias peserta didik meningkat untuk belajar fisika?

Refleksi Peserta Didik:

Setelah kalian mempelajari Bab 5 Gelombang Elektromagnetik:

1. Hal apa yang menarik menurut kalian pada bab ini?
2. Apakah manfaat dan kerugian gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari?
3. Apakah kalian sudah memahami konsep-konsep esensial pada materi gelombang elektromagnetik?
4. Strategi apa yang dapat kalian lakukan untuk lebih memahami materi gelombang elektromagnetik?

F. ASESMEN / PENILAIAN**RUBRIK PENILAIAN PEDOMAN PENSKORAN****1. Asesmen Diagnostik**

Asesmen ini dilakukan di awal Unit sebagai alat bagi guru untuk mengetahui kemampuan peserta didik berdasarkan pencapaian tujuan pembelajaran sebelumnya (prior knowledge). Asesmen ini membantu guru untuk menentukan titik awal kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan peserta didik dalam kegiatan belajar dikelas bisa saja untuk anak yang telah mencapai pemahaman lebih tidak memperoleh kegiatan dari awal, melainkan lanjut kepada kegiatan berikut, Beberapa bentuk, asesmen diagnostik yang dapat dilakukan, antara lain :

- Mengajukan pertanyaan atau pernyataan pada kegiatan penduluan diawal unit ini atau awal kegiatan untuk mengukur pengetahuan peserta didi, bentuknya dapat berupa respon tunjuk jari atau ceklis, Asesmen awal yang dilakukan guru ini tidak harus dinilai dengan rubrik, tetapi dapat langsung dicek dari hasil jawaban peserta didik. Guru dapat melakukan tindak lanjut pembelajaran terhadap respon peserta didik.
- Memberikan kegiatan memgambar atau membentuk karya menggunakan bahan yang mudah dicari untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam mengomunikasikan gagasannya dalam bentuk visual. Asesmen ini dapat dilakukan dalam waktu sesingkat singkatnya maksimal 5 menit.
- Mendesain permainan (game) dikelas untuk melihat kemampuan peserta didik dalam memahami prosedur ataupun sebuah situs.

Asesmen ini dapat dikreasikan oleh guru dalam memciptakn pembelajaran menyenangkan.

No.	Pertanyaan	Ya	Tidak
1			
2			
3			
4			
5			

2. Penilain Sikap

Penilaian Sikap ditujukan untuk mengetahui capai/perkembangan sikap peserta didik sesuai butir-butir nilai sikap sesuai elemen **Profil Pelajar Pancasila**. Berikut ini contoh format penilaian sikap untuk observasi/pengamatan (dilakukan oleh guru), penilaian diri (dilakukan oleh peserta didik), dan penilaian antar peserta didik (dilakukan oleh peserta didik).

a. Penialain Berdasarkan Observasi Guru

Nama Peserta Didik	Kreatif				Mandiri				Gotong Royong				Bernalar kritis				Jumlah Skor yang diperoleh
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Nusaybah																	
Haidar																	
Halwa																	
Dst																	

Keterangan Skor :

- 1 = Kurang Baik
- 2 = Cukup Baik
- 3 = Baik
- 4 = Sangat Baik

Rubrik Penilaian

No.	Aspek yang Dinilai	Indikator	Nilai
1	Kreatif	Fokus pada proses berpikir sehingga mampu memunculkan ide-ide unik dan kreatif	4
		Cukup fokus pada proses berpikir sehingga mampu memunculkan ide-ide unik dan kreatif sederhana	3
		Kurang fokus pada proses berpikir sehingga kurang mampu memunculkan ide-ide unik dan kreatif	2
		Tidak fokus pada proses berpikir sehingga tidak memunculkan ide-ide unik dan kreatif	1
2	Mandiri	Tidak bergantung dengan teman atau orang lain dalam menyelesaikan tugas.	4
		Cukup bergantung dengan teman atau orang lain dalam menyelesaikan tugas.	3
		Sedikit bergantung dengan teman atau orang lain dalam menyelesaikan tugas.	2