

MODUL AJAR DEEP LEARNING
MATA PELAJARAN : IPA (FISIKA)
BAB 7: RELATIVITAS

A. IDENTITAS MODUL

Nama Sekolah :
Nama Penyusun :
Mata Pelajaran : **IPA (Fisika)**
Kelas / Fase /Semester : **XII/ F / Genap**
Alokasi Waktu : **8 Jam Pelajaran (4 Pertemuan)**
Tahun Pelajaran : **2025 / 2026**

B. IDENTIFIKASI KESIAPAN PESERTA DIDIK

Peserta didik di kelas XII diharapkan telah memiliki pemahaman dasar mengenai konsep-konsep fisika klasik, terutama terkait dengan **gerak dan hukum Newton, gelombang elektromagnetik**, serta **kecepatan dan percepatan**. Mereka juga sudah familiar dengan **notasi matematika** dasar dan **pemecahan masalah fisika** sederhana. Beberapa peserta didik mungkin sudah memiliki ketertarikan awal terhadap konsep-konsep fisika modern atau ruang angkasa, yang dapat menjadi modal awal untuk memicu rasa ingin tahu.

C. KARAKTERISTIK MATERI PELAJARAN

Materi **Relativitas** merupakan jenis pengetahuan **konseptual** yang menuntut pemahaman mendalam. Relevansinya sangat tinggi dengan kehidupan nyata, terutama dalam teknologi modern seperti **GPS** dan **akselerator partikel**, serta memperluas pandangan peserta didik tentang alam semesta. Tingkat kesulitan materi ini tergolong **tinggi** karena melibatkan perubahan paradigma dari fisika klasik. Struktur materi meliputi postulat-postulat dasar dan dampaknya terhadap besaran-besaran fisika (dilatasi waktu, kontraksi panjang, massa relativistik). Integrasi nilai dan karakter akan ditekankan pada **rasa ingin tahu, berpikir kritis, ketelitian, kolaborasi, dan kemandirian** dalam mencari pengetahuan.

D. DIMENSI PROFIL LULUSAN PEMBELAJARAN

Berdasarkan tujuan pembelajaran dan karakteristik materi, dimensi profil lulusan yang akan dicapai adalah:

- **Penalaran Kritis:** Menganalisis fenomena relativitas, membandingkan dengan fisika klasik, dan mengevaluasi argumen-argumen.
- **Kreativitas:** Merancang solusi atau cara untuk menjelaskan konsep relativitas kepada orang lain.
- **Kolaborasi:** Bekerja sama dalam kelompok untuk memahami konsep yang kompleks dan menyelesaikan masalah.
- **Kemandirian:** Mampu mempelajari konsep-konsep baru secara mandiri dan mencari sumber informasi tambahan.
- **Komunikasi:** Mengomunikasikan ide dan hasil diskusi mengenai relativitas dengan jelas dan efektif.

DESAIN PEMBELAJARAN

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN (CP) NOMOR : 32 TAHUN 2024

Pada akhir fase F, peserta didik diharapkan mampu menganalisis konsep relativitas khusus, termasuk postulat Einstein, dilatasi waktu, kontraksi panjang, dan kesetaraan massa-energi, serta dapat mengaplikasikannya dalam penyelesaian masalah fisika dan menjelaskan implikasinya terhadap teknologi modern.

B. LINTAS DISIPLIN ILMU YANG RELEVAN

- **Matematika:** Penggunaan aljabar, geometri, dan trigonometri untuk perhitungan dalam persamaan relativistik.
- **Sejarah:** Pemahaman tentang latar belakang sejarah penemuan teori relativitas oleh Einstein dan kontribusinya pada ilmu pengetahuan.
- **Teknologi:** Aplikasi prinsip relativitas dalam teknologi GPS, nuklir, dan akselerator partikel.

C. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pertemuan 1: Postulat Pertama dan Kedua Einstein

- Melalui diskusi kelompok dan eksplorasi video, peserta didik dapat **menjelaskan** postulat pertama dan kedua Einstein tentang relativitas dengan bahasa mereka sendiri, didukung oleh contoh fenomena sehari-hari.
- Dengan menganalisis berbagai sumber informasi (buku dan digital), peserta didik dapat **mengidentifikasi** perbedaan mendasar antara kerangka acuan inersia dan non-inersia secara mandiri.
- Melalui aktivitas "berpikir-berpasangan-berbagi", peserta didik dapat **menunjukkan** sikap ingin tahu dan kritis terhadap konsep kecepatan cahaya yang konstan di semua kerangka acuan.

Pertemuan 2: Dampak dari Relativitas Einstein

- Dengan melakukan simulasi interaktif, peserta didik dapat **menganalisis** fenomena dilatasi waktu dan kontraksi panjang sebagai konsekuensi postulat Einstein, disertai dengan contoh perhitungannya.
- Melalui studi kasus penggunaan GPS, peserta didik dapat **menghubungkan** prinsip relativitas dalam aplikasi teknologi modern dan mempresentasikan temuannya secara kolaboratif.
- Setelah diskusi dan refleksi, peserta didik dapat **menyimpulkan** pentingnya teori relativitas dalam memahami alam semesta dan pengembangan teknologi, serta menumbuhkan kesadaran akan keterbatasan intuisi klasik.

D. TOPIK PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL

- **Postulat Relativitas Einstein:** Bagaimana Einstein mengubah pandangan kita tentang ruang dan waktu.
- **Kecepatan Cahaya yang Konstan:** Mengapa kecepatan cahaya selalu sama bagi semua pengamat.
- **Dilatasi Waktu:** Apakah waktu bisa berjalan lebih lambat?

- **Kontraksi Panjang:** Apakah benda bisa menjadi lebih pendek saat bergerak cepat?
- **Massa Relativistik dan $E=mc^2$:** Hubungan antara massa dan energi.
- **Penerapan Relativitas dalam Kehidupan Sehari-hari:** GPS, akselerator partikel, dan pandangan alam semesta yang lebih luas.

E. KERANGKA PEMBELAJARAN

PRAKTIK PEDAGOGIK:

- **Pembelajaran Berbasis Proyek:** Peserta didik akan mengerjakan proyek mini seperti membuat infografis/video penjelasan tentang salah satu dampak relativitas atau menganalisis kasus penggunaan GPS.
- **Diskusi Kelompok:** Mengadakan diskusi untuk menganalisis dan memecahkan masalah terkait konsep relativitas.
- **Eksplorasi Lapangan (Virtual):** Menggunakan simulasi daring atau video dokumenter untuk "mengamati" fenomena relativitas (misalnya, simulasi partikel bergerak mendekati kecepatan cahaya).
- **Wawancara (Narasumber Virtual):** Jika memungkinkan, mencari video wawancara dengan fisikawan atau ahli yang menjelaskan aplikasi relativitas.
- **Presentasi:** Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi kelompok atau proyek mereka.

MITRA PEMBELAJARAN:

- **Lingkungan Sekolah:** Perpustakaan sekolah, laboratorium komputer.
- **Lingkungan Luar Sekolah:** Komunitas sains daring, platform edukasi ilmiah (misalnya Khan Academy, Coursera), channel YouTube edukasi.
- **Masyarakat:** Jika memungkinkan, mencari ahli/praktisi di bidang teknologi yang relevan (misalnya, ahli telekomunikasi yang memahami GPS) untuk sesi tanya jawab daring.

LINGKUNGAN BELAJAR:

- **Ruang Fisik:** Kelas dengan fasilitas proyektor dan papan tulis interaktif, ruang diskusi yang nyaman.
- **Ruang Virtual:** Google Classroom sebagai platform utama, platform video conference (Zoom/Google Meet) untuk diskusi dan presentasi daring, platform simulasi fisika (misalnya PhET Interactive Simulations).

PEMANFAATAN DIGITAL:

- **Perpustakaan Digital:** Akses ke jurnal ilmiah, e-book fisika, artikel daring tentang relativitas.
- **Forum Diskusi Daring:** Membuat forum di Google Classroom untuk diskusi asinkron dan tanya jawab.
- **Penilaian Daring:** Menggunakan Google Forms untuk kuesioner awal dan tes diagnostik.
- **Kahoot!/Mentimeter:** Untuk kuis interaktif atau survei cepat sebagai bagian dari asesmen formatif.
- **Google Classroom:** Untuk berbagi materi, tugas, pengumpulan proyek, dan pengumuman.

F. LANGKAH-LANGKAH PEMBELAJARAN BERDIFERENSIASI

KEGIATAN PENDAHULUAN (15 MENIT)

- **Prinsip Pembelajaran Berkesadaran (Mindful Learning):** Guru memulai dengan menyajikan video atau gambar yang memicu rasa ingin tahu (misalnya, gambar lubang hitam, atau klip film fiksi ilmiah yang melibatkan perjalanan waktu). Guru meminta peserta didik untuk menutup mata sejenak, mengambil napas dalam-dalam, dan fokus pada pertanyaan: "Bagaimana jika waktu bisa berjalan berbeda untuk setiap orang?"
- **Prinsip Pembelajaran Bermakna (Meaningful Learning):** Guru menghubungkan video/gambar dengan pengalaman peserta didik. "Apakah kalian pernah berpikir mengapa GPS bisa sangat akurat, padahal satelitnya bergerak sangat cepat?" atau "Pernahkah kalian membayangkan bepergian ke luar angkasa dengan kecepatan mendekati cahaya?" Guru menjelaskan bahwa hari ini kita akan belajar tentang teori yang mengubah pemahaman kita tentang alam semesta.
- **Prinsip Pembelajaran Menggembirakan (Joyful Learning):** Guru membagikan teka-teki singkat atau anekdot terkait waktu dan ruang, misalnya "Jika kamu naik roket dengan kecepatan cahaya, dan kamu menyalakan senter, apakah cahayanya akan bergerak mendahuluimu?" Ini memicu tawa dan rasa ingin tahu. Guru menyampaikan bahwa kita akan mencoba memahami konsep yang mungkin terdengar "gila" tapi justru fundamental.

KEGIATAN INTI

Pertemuan 1 (90 menit):

Postulat Pertama dan Kedua Einstein

Memahami (Berkesadaran, Bermakna):

- **Eksplorasi Individu (Berkesadaran):** Peserta didik secara mandiri mencari informasi (dari buku, artikel daring, video) tentang konsep kerangka acuan inersia dan non-inersia. Guru memberikan panduan pertanyaan.
- **Diskusi Kelompok Kecil (Bermakna):** Peserta didik bergabung dalam kelompok (diferensiasi berdasarkan kesiapan, kelompok yang lebih siap dapat diberikan teks yang lebih kompleks). Mereka mendiskusikan apa yang mereka temukan dan mencoba merumuskan pemahaman awal tentang postulat pertama Einstein (prinsip relativitas).
- **Presentasi Kelompok (Bermakna):** Setiap kelompok mempresentasikan pemahaman mereka tentang postulat pertama, dengan guru memberikan umpan balik dan klarifikasi.

Mengaplikasi (Bermakna, Menggembirakan):

- **Simulasi Interaktif (Menggembirakan):** Guru memfasilitasi penggunaan simulasi daring (misalnya PhET Interactive Simulations) yang menunjukkan pengamatan cahaya dari berbagai kerangka acuan. Peserta didik secara interaktif mengamati bahwa kecepatan cahaya selalu konstan, tanpa memandang kecepatan sumber atau pengamat.
- **Analisis Kasus (Bermakna):** Guru memberikan beberapa skenario fiksi ilmiah (misalnya, seorang astronot yang bergerak sangat cepat menuju bintang) dan meminta peserta didik untuk memprediksi apa yang akan terjadi berdasarkan postulat kedua Einstein.

Merefleksi (Berkesadaran, Bermakna):

- **Jurnal Singkat (Berkesadaran):** Peserta didik menuliskan di jurnal mereka "Hal

paling menarik yang saya pelajari hari ini tentang cahaya adalah..." atau "Pertanyaan yang masih mengganjal di benak saya setelah belajar postulat Einstein adalah..."

- **Diskusi Kelas Terbuka (Bermakna):** Guru memfasilitasi diskusi tentang mengapa kedua postulat ini sangat radikal pada masanya dan bagaimana mereka menantang intuisi kita.

Pertemuan 2 (90 menit):

Dampak dari Relativitas Einstein

Memahami (Berkesadaran, Bermakna):

- **Video Animasi & Infografis (Menggembirakan):** Guru menampilkan video animasi atau infografis interaktif tentang dilatasi waktu dan kontraksi panjang. Peserta didik diberikan waktu untuk mencerna informasi.
- **Penyelesaian Masalah Terbimbing (Bermakna):** Guru memandu peserta didik melalui contoh soal perhitungan dilatasi waktu dan kontraksi panjang, menjelaskan setiap langkahnya.
- **Studi Kasus GPS (Bermakna):** Guru mengajak peserta didik untuk meneliti bagaimana teori relativitas (khusus dan umum) diterapkan dalam sistem GPS agar akurasi navigasi tercapai. Ini bisa berupa artikel atau video singkat.

Mengaplikasi (Bermakna, Menggembirakan):

- **Proyek Mini Kelompok (Menggembirakan, Bermakna):** Peserta didik dalam kelompok (diferensiasi berdasarkan minat dan gaya belajar) memilih salah satu dampak relativitas (dilatasi waktu, kontraksi panjang, atau $E=mc^2$) dan membuat presentasi interaktif (misalnya, menggunakan Prezi, Google Slides, atau video pendek) yang menjelaskan konsep tersebut dan relevansinya dengan kehidupan nyata.
- **"Debat" Konseptual (Bermakna):** Guru memberikan pernyataan kontroversial (misalnya, "Waktu itu relatif, jadi kita tidak perlu terburu-buru") dan meminta peserta didik untuk berdebat dengan argumen ilmiah berdasarkan apa yang telah mereka pelajari.

Merefleksi (Berkesadaran, Bermakna):

- **Refleksi Diri (Berkesadaran):** Peserta didik menuliskan di jurnal reflektif mereka tentang bagaimana pemahaman mereka tentang waktu dan ruang telah berubah setelah belajar relativitas. "Apakah saya sekarang melihat dunia secara berbeda? Mengapa?"
- **Sesi Q&A Terbuka (Bermakna):** Guru memfasilitasi sesi tanya jawab di mana peserta didik dapat mengajukan pertanyaan apapun tentang relativitas, baik yang sudah dibahas maupun yang baru muncul.

KEGIATAN PENUTUP (15 MENIT)

- **Umpan Balik Konstruktif (Berkesadaran, Bermakna):** Guru memberikan umpan balik umum mengenai partisipasi dan pemahaman peserta didik selama pembelajaran. Guru juga mendorong peserta didik untuk memberikan umpan balik tentang metode pembelajaran yang digunakan.
- **Menyimpulkan Pembelajaran (Bermakna):** Guru bersama peserta didik menyimpulkan poin-poin penting dari materi relativitas yang telah dipelajari, baik postulat maupun dampaknya. Bisa berupa "peta pikiran" kelas yang dibuat bersama.
- **Perencanaan Pembelajaran Selanjutnya (Menggembirakan):** Guru mengaitkan

materi relativitas dengan materi selanjutnya (misalnya, fisika kuantum atau kosmologi) atau mengaitkannya dengan isu-isu kontemporer. Guru bisa bertanya: "Apa lagi yang ingin kalian ketahui tentang fisika modern setelah ini?" atau "Bagaimana kira-kira relativitas akan berkembang di masa depan?"

G. ASESMEN PEMBELAJARAN

ASESMEN AWAL PEMBELAJARAN

- **Tujuan:** Mengidentifikasi pengetahuan awal peserta didik tentang konsep fisika klasik yang relevan dan kerangka acuan.
- **Observasi:** Guru mengamati diskusi awal kelas mengenai konsep kecepatan dan waktu, serta partisipasi mereka dalam menjawab pertanyaan pemicu.

Kuesioner Singkat (Google Forms):

1. Jelaskan perbedaan antara kerangka acuan diam dan bergerak. Berikan contohnya!
2. Menurut Anda, apakah kecepatan cahaya selalu sama, tidak peduli dari mana kita mengamatinya? Jelaskan alasan Anda!
3. Apakah Anda pernah mendengar istilah "relativitas" sebelumnya? Jika ya, apa yang Anda ketahui?
4. Bagaimana Anda menjelaskan konsep "waktu" secara sederhana?
5. Sebutkan dua teknologi modern yang menurut Anda sangat mengandalkan konsep fisika.

ASESMEN PROSES PEMBELAJARAN

- **Tujuan:** Memantau pemahaman konsep, keterampilan kolaborasi, dan kemampuan komunikasi selama proses belajar.

Tugas Harian (Jurnal Singkat/Refleksi):

1. Setelah mempelajari postulat pertama Einstein, bagaimana Anda akan menjelaskan "prinsip relativitas" kepada teman yang belum tahu?
 2. Menurut Anda, mengapa postulat kedua Einstein tentang kecepatan cahaya yang konstan menjadi begitu revolusioner?
 3. Berikan satu contoh fenomena sehari-hari yang *tidak* dapat dijelaskan dengan fisika klasik, namun *bisa* dijelaskan dengan teori relativitas.
 4. Dalam kelompok, apa peran Anda dalam memahami konsep dilatasi waktu, dan apa yang paling menantang dari konsep ini?
 5. Bagaimana cara Anda menjelaskan mengapa jam di satelit GPS perlu dikoreksi berdasarkan teori relativitas?
- **Diskusi Kelompok:** Penilaian partisipasi, kontribusi ide, kemampuan berargumentasi, dan mendengarkan.
 - **Presentasi Kelompok:** Penilaian kejelasan penjelasan, ketepatan konsep, dan kemampuan menjawab pertanyaan.

ASESMEN AKHIR PEMBELAJARAN

- **Tujuan:** Menguji pemahaman komprehensif peserta didik terhadap tujuan pembelajaran dan kemampuan mereka mengaplikasikan konsep.
- **Jurnal Reflektif:** Peserta didik menulis esai singkat tentang "Bagaimana Teori Relativitas Mengubah Cara Saya Memandang Alam Semesta."

Proyek (Infografis/Video Penjelasan/Analisis Kasus GPS):

- Kriteria penilaian: Akurasi konsep, kreativitas, kejelasan penyampaian, dan relevansi dengan kehidupan nyata.

Tes Tertulis (5 Soal Esai/Analisis):

1. Jelaskan secara komprehensif apa yang dimaksud dengan **postulat pertama Einstein** dan bagaimana hal itu berbeda dengan pandangan Newton tentang gerak. Berikan contoh yang mendukung.
2. Seorang astronot bergerak dengan kecepatan $0,8c$ relatif terhadap Bumi. Jika ia melihat jam di Bumi berdetak 1 detik, berapa waktu yang ia rasakan telah berlalu di kapalnya? (Diketahui c adalah kecepatan cahaya).
3. Mengapa sebuah tongkat yang bergerak dengan kecepatan sangat tinggi akan terlihat lebih pendek bagi pengamat yang diam, tetapi tidak terasa lebih pendek bagi orang yang membawanya? Jelaskan dengan konsep **kontraksi panjang**.
4. Sistem GPS (Global Positioning System) tidak akan akurat jika tidak memperhitungkan efek relativitas. Jelaskan bagaimana **dilatasi waktu** dan **relativitas umum (gravitasi)** berperan dalam akurasi GPS.
5. Rumus $E=mc^2$ adalah salah satu yang paling terkenal. Jelaskan makna dari rumus ini dan berikan contoh penerapannya dalam kehidupan atau teknologi.