

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

A. IDENTITAS MODUL

Nama Sekolah :
Nama Penyusun :
Mata Pelajaran : **IPA (Fisika)**
Kelas / Fase /Semester : **XI/ F / Ganjil**
Alokasi Waktu : **8 Jam Pelajaran (4 Pertemuan @ 2 JP)**
Tahun Pelajaran : **20.. / 20..**

B. IDENTIFIKASI KESIAPAN PESERTA DIDIK

Peserta didik diharapkan sudah memiliki pemahaman dasar tentang konsep energi (energi kinetik, potensial), suhu, kalor, dan tekanan yang diperoleh pada jenjang SMP atau Bab sebelumnya. Keterampilan yang dimiliki meliputi kemampuan membaca grafik, melakukan perhitungan matematis sederhana, serta kemampuan mengamati fenomena fisika. Pemahaman awal tentang termodinamika mungkin masih berupa intuisi dari pengalaman sehari-hari, seperti mengapa es mencair atau mengapa mesin mengeluarkan panas. Namun, konsep sistem, lingkungan, dan proses termodinamika secara formal kemungkinan masih baru.

C. KARAKTERISTIK MATERI PELAJARAN

Materi "Termodinamika" termasuk dalam jenis pengetahuan konseptual, prosedural, dan sedikit metakognitif (pemahaman tentang batasan suatu proses). Relevansinya dengan kehidupan nyata sangat tinggi, karena termodinamika menjelaskan prinsip kerja mesin (kendaraan, AC, kulkas), pembangkit listrik, hingga proses biologis dalam tubuh. Tingkat kesulitan materi ini cenderung tinggi karena melibatkan konsep abstrak (entropi, energi dalam), hukum-hukum dengan rumus matematis, serta perluasan dari konsep dasar kalor. Struktur materi dibangun secara hierarkis, dimulai dari konsep dasar sistem, kerja, kalor, energi dalam, hukum-hukum termodinamika, mesin kalor, hingga mesin pendingin. Integrasi nilai dan karakter dapat dilakukan melalui pembahasan efisiensi energi, dampak lingkungan dari penggunaan energi, dan pentingnya berpikir kritis dalam aplikasi teknologi.

D. DIMENSI PROFIL LULUSAN PEMBELAJARAN

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

- **Penalaran Kritis:** Peserta didik akan menganalisis prinsip-prinsip termodinamika, mengevaluasi efisiensi mesin, dan memecahkan masalah terkait perubahan energi.
- **Kreativitas:** Peserta didik akan mampu merancang model sederhana atau presentasi kreatif untuk menjelaskan konsep termodinamika.
- **Kolaborasi:** Peserta didik akan bekerja sama dalam kelompok untuk melakukan eksperimen sederhana, menganalisis data, dan menyusun laporan.

- **Kemandirian:** Peserta didik akan secara mandiri mencari informasi, melakukan perhitungan, dan bertanggung jawab terhadap tugas yang diberikan.
- **Komunikasi:** Peserta didik akan mampu mempresentasikan hasil analisis, menyampaikan gagasan dalam diskusi kelompok, dan menggunakan terminologi ilmiah yang tepat.
- **Kewargaan:** Peserta didik akan memahami implikasi penggunaan energi berdasarkan prinsip termodinamika terhadap lingkungan dan kehidupan sosial.

DESAIN PEMBELAJARAN

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

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menganalisis konsep suhu dan kalor, menerapkan hukum-hukum termodinamika untuk menyelesaikan masalah terkait perubahan energi, kerja, dan kalor pada berbagai sistem, serta menjelaskan prinsip kerja mesin kalor dan mesin pendingin dalam konteks aplikasi kehidupan sehari-hari dan implikasinya terhadap lingkungan.

B. LINTAS DISIPLIN ILMU YANG RELEVAN

- **Kimia:** Memahami konsep energi ikatan, reaksi endoterm/eksoterm, dan termokimia.
- **Matematika:** Penerapan konsep integral dan diferensial (jika relevan dengan tingkat kesulitan), serta aljabar untuk perhitungan.
- **Teknik/Vokasi:** Prinsip dasar perancangan dan efisiensi mesin, sistem pendingin, dan pembangkit energi.
- **Ekonomi/Lingkungan:** Analisis biaya-manfaat dari penggunaan energi dan isu-isu keberlanjutan.

C. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pertemuan 1: Konsep Dasar Termodinamika (Sistem, Lingkungan, Kerja, Kalor, Energi Dalam)

- Melalui demonstrasi sederhana dan diskusi interaktif, peserta didik dapat mengidentifikasi sistem dan lingkungan pada suatu proses termodinamika dengan tepat. (Meaningful Learning, Joyful Learning)
- Peserta didik mampu menghitung besar kerja dan kalor yang terlibat dalam proses termodinamika isobarik, isokorik, isotermis, dan adiabatik dengan akurat, setelah memahami konsep energi dalam. (Penalaran Kritis, Kemandirian)

Pertemuan 2: Hukum Termodinamika I dan Aplikasinya

- Dengan melakukan eksperimen sederhana berbasis proyek, peserta didik dapat membuktikan berlakunya Hukum Termodinamika I (kekekalan energi) pada berbagai proses termodinamika. (Penalaran Kritis, Kolaborasi)
- Peserta didik mampu menganalisis perubahan energi dalam, kalor, dan kerja pada berbagai proses termodinamika (isobarik, isokorik, isotermis, adiabatik) dan mempresentasikannya dengan jelas. (Penalaran Kritis, Komunikasi)

Pertemuan 3: Hukum Termodinamika II (Entropi) dan Efisiensi Mesin Kalor

- Melalui studi kasus dan diskusi kelompok, peserta didik dapat menjelaskan konsep entropi sebagai ukuran ketidakteraturan sistem dan hubungannya dengan spontanitas proses. (Penalaran Kritis)
- Peserta didik mampu menghitung efisiensi mesin kalor (termasuk siklus Carnot) dan menjelaskan prinsip kerja mesin pendingin, serta mengaitkannya dengan aplikasi nyata. (Penalaran Kritis, Kemandirian)

Pertemuan 4: Aplikasi Termodinamika dalam Kehidupan Sehari-hari dan Lingkungan

- Melalui riset berbasis proyek, peserta didik dapat mengidentifikasi dan menganalisis setidaknya dua aplikasi prinsip termodinamika dalam teknologi modern (misalnya: Pembangkit Listrik, AC, Kulkas) serta mengevaluasi efisiensinya. (Penalaran Kritis,

Kreativitas)

- Peserta didik mampu mempresentasikan dampak penerapan termodinamika terhadap efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan, serta mengemukakan solusi inovatif. (Komunikasi, Kewargaan)

D. TOPIK PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL

- Prinsip kerja mesin kendaraan bermotor.
- Sistem pendingin pada kulkas dan AC.
- Pembangkit listrik tenaga uap/panas bumi.
- Efisiensi penggunaan energi di rumah tangga.
- Pemanasan global dan efek rumah kaca dari perspektif termodinamika.
- Termodinamika dalam sistem biologis (misalnya, metabolisme tubuh manusia).

E. KERANGKA PEMBELAJARAN

PRAKTIK PEDAGOGIK:

- **Metode Pembelajaran Berbasis Proyek:** Peserta didik akan melakukan proyek investigasi (misalnya: membuat model sederhana mesin panas/pendingin, merancang kampanye hemat energi, analisis kasus efisiensi pembangkit listrik).
- **Diskusi Kelompok:** Mendorong eksplorasi ide, analisis kasus, dan berbagi pengetahuan antar peserta didik tentang konsep-konsep termodinamika.
- **Eksplorasi Lapangan (opsional/simulasi):** Jika memungkinkan, kunjungan ke bengkel AC/kulkas, atau industri (dengan izin). Atau, simulasi kerja mesin/sistem melalui video dan analisis data.
- **Wawancara (terstruktur/tidak terstruktur):** Peserta didik mewawancarai ahli atau praktisi (misalnya: teknisi AC, insinyur) mengenai prinsip kerja dan efisiensi mesin yang menggunakan prinsip termodinamika.
- **Presentasi:** Peserta didik mempresentasikan hasil proyek, eksperimen, atau diskusi kelompok mereka.

MITRA PEMBELAJARAN:

- **Lingkungan Sekolah:** Laboratorium fisika, guru mata pelajaran lain (misalnya Kimia untuk relevansi termokimia, Matematika untuk perhitungan).
- **Lingkungan Luar Sekolah:** Bengkel AC/kulkas, industri kecil yang relevan (misalnya pembuatan es batu), lembaga penelitian energi (jika memungkinkan).
- **Masyarakat:** Teknisi lokal, warga masyarakat yang memiliki pengalaman dengan isu efisiensi energi di rumah.

LINGKUNGAN BELAJAR:

- **Ruang Fisik:** Kelas yang dapat diatur untuk kerja kelompok dan demonstrasi/eksperimen, laboratorium fisika dengan peralatan dasar untuk termodinamika (misalnya termometer, kalorimeter, pemanas, piston).
- **Ruang Virtual:** Google Classroom untuk penugasan, pengumpulan materi, forum diskusi daring; simulasi PhET Interactive Simulations untuk visualisasi konsep termodinamika (misalnya: Gas Properties, Energy Forms and Changes); platform video conference (Zoom/Google Meet) untuk sesi diskusi atau presentasi daring.
- **Budaya Belajar:** Mendorong budaya kolaboratif (saling membantu dalam eksperimen dan analisis), partisipasi aktif (setiap siswa berani bertanya dan

berpendapat), dan rasa ingin tahu yang tinggi (mencoba memahami fenomena sehari-hari dengan prinsip fisika) untuk mendukung pembelajaran mendalam.

PEMANFAATAN DIGITAL:

- **Perpustakaan Digital:** Mengakses jurnal ilmiah, artikel, atau buku elektronik tentang termodinamika dan aplikasinya.
- **Forum Diskusi Daring:** Diskusi asinkron di Google Classroom untuk berbagi temuan, bertanya, dan memberikan umpan balik tentang hasil eksperimen atau riset.
- **Penilaian Daring:** Menggunakan Google Forms untuk kuesioner asesmen awal atau tes diagnostik.
- **Kahoot/Mentimeter:** Untuk kuis interaktif atau survei cepat sebagai bagian dari kegiatan pendahuluan atau refleksi (Joyful Learning).

F. LANGKAH-LANGKAH PEMBELAJARAN BERDIFERENSIASI

PERTEMUAN 1: KONSEP DASAR TERMODINAMIKA (SISTEM, LINGKUNGAN, KERJA, KALOR, ENERGI DALAM) (2 JP)

KEGIATAN PENDAHULUAN (15 MENIT)

- **Mindful Learning:** Guru menyapa peserta didik, mengajak melakukan teknik *body scan* singkat untuk memusatkan perhatian pada sensasi tubuh dan mengembalikan fokus.
- **Joyful Learning:** Guru menampilkan video atau gambar fenomena sehari-hari yang terkait termodinamika (misal: balon mengembang saat dipanaskan, uap keluar dari ceret, kulkas mendinginkan makanan) dan bertanya "Apa yang terjadi pada energi dalam sistem ini?" atau "Bagaimana proses ini bisa terjadi?". Gunakan Mentimeter untuk *word cloud* tentang kata-kata yang mereka kaitkan dengan 'panas' atau 'energi'.
- **Meaningful Learning:** Guru mengaitkan fenomena tersebut dengan konsep termodinamika yang akan dipelajari, menjelaskan relevansinya dengan teknologi di sekitar mereka.
 - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini.

KEGIATAN INTI (60 MENIT)

Memahami (Meaningful Learning):

- Guru melakukan demonstrasi sederhana (misal: memanaskan air dalam gelas, menekan piston). Peserta didik diminta mengidentifikasi sistem, lingkungan, kerja, dan kalor yang terlibat.
- Peserta didik dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil (diferensiasi berdasarkan kesiapan/gaya belajar: kelompok visual diberi banyak diagram, kelompok kinestetik diberi demonstrasi yang bisa diikuti, kelompok auditori diberi penjelasan lisan yang lebih detail).
- Setiap kelompok diberikan lembar kerja atau akses ke simulasi PhET "Gas Properties" untuk eksplorasi perubahan suhu, tekanan, dan volume.

Mengaplikasi (Joyful Learning, Bermakna):

- Peserta didik berdiskusi dalam kelompok untuk menyelesaikan soal-soal latihan terkait perhitungan kerja dan kalor pada berbagai proses termodinamika (isobarik, isokorik, isotermis, adiabatik). Guru menyediakan soal dengan tingkat kesulitan bervariasi.

- Guru berkeliling, membimbing, dan memfasilitasi diskusi. Memberikan analogi yang relevan untuk memperdalam pemahaman (misal: kerja seperti "usaha" yang dilakukan sistem).

Merefleksi (Berkesadaran, Bermakna):

- Setiap kelompok secara singkat menyampaikan satu temuan menarik atau satu pertanyaan yang masih ingin mereka ketahui dari simulasi/latihan.
- Guru memfasilitasi diskusi kelas, mengklarifikasi miskonsepsi, dan memperdalam pemahaman konsep dasar.

KEGIATAN PENUTUP (15 MENIT)

- **Umpan Balik Konstruktif:** Guru memberikan pujian atas partisipasi dan upaya memahami konsep yang kompleks. Memberikan umpan balik spesifik terhadap cara mereka mengidentifikasi komponen termodinamika.
- **Menyimpulkan Pembelajaran:** Peserta didik secara bergiliran diminta menyebutkan satu konsep dasar termodinamika yang paling penting mereka pahami hari ini. Guru merangkum poin-poin penting.
- **Perencanaan Pembelajaran Selanjutnya:** Guru memberikan pengantar singkat untuk Hukum Termodinamika I dan menugaskan peserta didik untuk mencari contoh aplikasi Hukum Termodinamika I di kehidupan sehari-hari.

PERTEMUAN 2: HUKUM TERMODINAMIKA I DAN APLIKASINYA (2 JP)

KEGIATAN PENDAHULUAN (15 MENIT)

- **Mindful Learning:** Guru memulai dengan aktivitas "Gratitude Journal" singkat, meminta siswa menuliskan satu hal yang mereka syukuri terkait energi atau teknologi yang menggunakan prinsip fisika.
- **Meaningful Learning:** Guru mengulas kembali konsep kerja, kalor, dan energi dalam. Menanyakan "Bagaimana ketiga konsep ini saling berkaitan?".
- **Joyful Learning:** Guru menampilkan video atau gambar tentang energi yang berubah bentuk (misal: turbin air, lampu pijar) dan bertanya "Apakah energi bisa diciptakan atau dimusnahkan?". Gunakan Kahoot dengan pertanyaan singkat tentang Hukum Kekekalan Energi.
- Guru menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini.

KEGIATAN INTI (60 MENIT)

Memahami (Meaningful Learning, Berkesadaran):

- Peserta didik dibagi ke dalam kelompok dan diberikan alat untuk eksperimen sederhana (misal: mengukur perubahan suhu air saat diaduk cepat, memanaskan air dengan koil listrik dan mengukur energi listriknya). (Diferensiasi proses: beberapa kelompok melakukan eksperimen fisik, beberapa menganalisis data eksperimen yang sudah disajikan).
- Setiap kelompok ditugaskan untuk membuktikan Hukum Termodinamika I ($\Delta U = Q - W$) dari data yang mereka kumpulkan atau analisis.

Mengaplikasi (Bermakna, Menggembirakan):

- Kelompok menganalisis hasil eksperimen dan membuat laporan singkat atau infografis yang menjelaskan penerapan Hukum Termodinamika I pada proses yang diamati.

- Guru memfasilitasi setiap kelompok, membantu dalam perhitungan dan interpretasi data.

Merefleksi (Berkesadaran, Bermakna):

- Setiap kelompok mempresentasikan temuan dan analisis mereka.
- Diskusi kelas setelah setiap presentasi, dengan pertanyaan seperti: "Apakah energi selalu kekal dalam setiap proses?", "Bagaimana hukum ini membantu kita memahami efisiensi energi?".

C. KEGIATAN PENUTUP (15 MENIT)

- **Umpan Balik Konstruktif:** Guru memberikan apresiasi terhadap kolaborasi dan analisis data yang ditunjukkan. Memberikan masukan spesifik tentang akurasi perhitungan dan penyajian laporan.
- **Menyimpulkan Pembelajaran:** Peserta didik diajak untuk membuat satu kalimat rangkuman mengenai esensi Hukum Termodinamika I.
- **Perencanaan Pembelajaran Selanjutnya:** Guru memberikan pengantar singkat tentang konsep entropi dan mesin kalor, menugaskan peserta didik untuk mencari informasi awal tentang contoh mesin kalor atau mesin pendingin di sekitar mereka.

PERTEMUAN 3: HUKUM TERMODINAMIKA II (ENTROPI) DAN EFISIENSI MESIN KALOR (2 JP)

KEGIATAN PENDAHULUAN (15 MENIT)

- **Mindful Learning:** Guru mengajak peserta didik untuk mengamati keadaan kelas (misal: rapi/berantakan) dan menanyakan "Apakah lebih mudah membuat sesuatu teratur atau membiarkannya berantakan?". Mengaitkan dengan konsep keteraturan/ketidakteraturan.
- **Meaningful Learning:** Guru mengulas kembali konsep energi dan kerjanya, lalu memperkenalkan pertanyaan "Apakah semua energi bisa diubah menjadi kerja?".
- **Joyful Learning:** Guru menampilkan gambar atau video tentang mesin uap kuno dan mesin modern, lalu bertanya "Mengapa mesin modern lebih efisien?".
- Guru menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini.

KEGIATAN INTI (60 MENIT)

Memahami (Meaningful Learning, Berkesadaran):

- Peserta didik bekerja dalam kelompok (diferensiasi konten: beberapa kelompok fokus pada entropi, beberapa pada efisiensi mesin kalor/Carnot).
- Mereka diberikan studi kasus (misal: proses pencairan es, difusi gas, kerja mesin mobil) untuk menganalisis konsep entropi dan arah spontanitas proses.
- Mereka juga menganalisis rumus efisiensi mesin kalor dan siklus Carnot dari buku teks atau sumber digital.

Mengaplikasi (Bermakna, Menggembirakan):

- Setiap kelompok membuat diagram alir atau presentasi singkat yang menjelaskan konsep entropi atau perhitungan efisiensi mesin.
- Guru memfasilitasi diskusi, menjelaskan konsep abstrak entropi dengan analogi yang mudah dipahami (misal: telur pecah).

Merefleksi (Berkesadaran, Bermakna):

- Setiap kelompok mempresentasikan pemahaman mereka tentang entropi atau perhitungan efisiensi.

- Diskusi kelas, dengan pertanyaan seperti: "Mengapa mesin tidak bisa memiliki efisiensi 100%?", "Bagaimana Hukum Termodinamika II menjelaskan batas kemampuan mesin?".

KEGIATAN PENUTUP (15 MENIT)

- **Umpan Balik Konstruktif:** Guru memberikan umpan balik terhadap pemahaman konsep abstrak dan akurasi perhitungan.
- **Menyimpulkan Pembelajaran:** Peserta didik diajak untuk menyimpulkan pentingnya Hukum Termodinamika II dalam keterbatasan konversi energi.
- **Perencanaan Pembelajaran Selanjutnya:** Guru menugaskan peserta didik untuk memulai riset proyek tentang aplikasi termodinamika di kehidupan sehari-hari atau isu lingkungan.

PERTEMUAN 4: APLIKASI TERMODINAMIKA DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI DAN LINGKUNGAN (2 JP)

KEGIATAN PENDAHULUAN (15 MENIT)

- **Mindful Learning:** Guru mengajak peserta didik untuk melakukan refleksi singkat tentang bagaimana penggunaan energi di rumah mereka (misal: penggunaan AC, kulkas, kendaraan).
- **Meaningful Learning:** Guru menampilkan berita atau artikel singkat tentang krisis energi atau pemanasan global. Menanyakan "Bagaimana Fisika bisa membantu kita mengatasi masalah ini?".
- **Joyful Learning:** Guru memutar video singkat tentang teknologi energi terbarukan atau inovasi hemat energi dan bertanya "Menurut kalian, bagaimana prinsip termodinamika bekerja di balik inovasi ini?".
- Guru menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini.

KEGIATAN INTI (60 MENIT)

Memahami (Meaningful Learning, Berkesadaran):

- Peserta didik bekerja dalam kelompok proyek (diferensiasi produk: beberapa membuat infografis, beberapa video pendek, beberapa podcast, beberapa presentasi).
- Mereka mengumpulkan informasi tentang aplikasi termodinamika (misal: mesin diesel, pompa kalor, sel bahan bakar) dan dampak lingkungan terkait konsumsi energi.
- Guru membimbing riset dan membantu peserta didik mengidentifikasi sumber informasi yang kredibel.

Mengaplikasi (Bermakna, Menggembirakan):

- Setiap kelompok membuat produk proyek mereka yang menjelaskan prinsip kerja, efisiensi, serta dampak lingkungan dan solusi yang ditawarkan.
- Guru memfasilitasi proses pembuatan proyek, memberikan bimbingan teknis dan konseptual.

Merefleksi (Berkesadaran, Bermakna):

- Setiap kelompok mempresentasikan produk proyek mereka.
- Diskusi kelas setelah presentasi, dengan pertanyaan seperti: "Bagaimana kita bisa lebih efisien dalam menggunakan energi?", "Apa peran kita sebagai warga negara dalam isu energi dan lingkungan?".

KEGIATAN PENUTUP (15 MENIT)

- **Umpan Balik Konstruktif:** Guru memberikan umpan balik menyeluruh terhadap proyek yang telah diselesaikan, menyoroti kreativitas, kedalaman analisis, dan kemampuan komunikasi.
- **Menyimpulkan Pembelajaran:** Peserta didik menuliskan satu komitmen pribadi terkait penggunaan energi yang bertanggung jawab. Guru merangkum keseluruhan pembelajaran Bab 7.
- **Perencanaan Pembelajaran Selanjutnya:** Peserta didik diajak untuk memberikan masukan tentang topik apa yang ingin mereka pelajari lebih lanjut dalam Fisika atau metode pembelajaran yang efektif untuk mereka.

G. ASESMEN PEMBELAJARAN

ASESMEN AWAL PEMBELAJARAN (SEBELUM PERTEMUAN 1)

- **Observasi:** Mengamati partisipasi siswa dalam diskusi awal atau pertanyaan pemicu.

Kuesioner/Tes Diagnostik (Google Forms):

- Apa yang kamu ketahui tentang suhu dan kalor?
- Berikan contoh perubahan energi yang kamu lihat di sekitar?
- Apakah kamu tahu bagaimana kulkas mendinginkan makanan? Jelaskan secara sederhana.
- Bagaimana perasaanmu saat belajar materi Fisika yang melibatkan perhitungan?
- Apa yang kamu ingin tahu tentang mesin atau cara kerja energi?

ASESMEN PROSES PEMBELAJARAN (PERTEMUAN 1, 2, 3, DAN 4)

TUGAS HARIAN:

- Pertemuan 1:* Latihan soal identifikasi sistem, lingkungan, kerja, dan kalor.
- Pertemuan 2:* Laporan singkat/Infografis hasil eksperimen Hukum Termodinamika I.
- Pertemuan 3:* Diagram alir/presentasi konsep entropi atau perhitungan efisiensi mesin.
- **Diskusi Kelompok:** Penilaian partisipasi aktif, kemampuan berargumentasi, dan kemampuan memberikan umpan balik yang konstruktif.
- **Presentasi:** Penilaian kejelasan, penguasaan materi, dan kemampuan menjawab pertanyaan.
- Soal untuk menguji pemahaman peserta didik tentang pencapaian tujuan pembelajaran pada Asesmen Proses Pembelajaran (untuk Pertemuan 2 - Tugas Harian):
 1. Suatu sistem gas menerima kalor sebesar 200 J dan melakukan kerja sebesar 50 J. Berapakah perubahan energi dalam sistem tersebut? (Tujuan: Menghitung perubahan energi dalam)
 2. Jelaskan perbedaan antara proses isobarik dan isokorik dalam termodinamika, serta bagaimana kalor dan kerja terlibat dalam masing-masing proses tersebut! (Tujuan: Menganalisis perubahan energi dalam, kalor, dan kerja pada berbagai proses termodinamika)
 3. Dalam suatu eksperimen, sebuah wadah berisi air dipanaskan. Jika energi kalor yang diberikan adalah 1500 J dan air melakukan kerja sebesar 100 J (misalnya karena ekspansi kecil), buktikan bagaimana Hukum Termodinamika I berlaku

dalam kasus ini. (Tujuan: Membuktikan berlakunya Hukum Termodinamika I)

4. Mengapa Hukum Termodinamika I sering disebut sebagai "Hukum Kekekalan Energi"? Berikan contoh sederhana yang mendukung pernyataan ini. (Tujuan: Menganalisis konsep Hukum Termodinamika I)
5. Jika sebuah mesin menerima kalor 1000 J dari reservoir panas dan membuang kalor 300 J ke reservoir dingin, berapakah kerja yang dilakukan oleh mesin tersebut? (Tujuan: Mengaplikasikan Hukum Termodinamika I)

ASESMEN AKHIR PEMBELAJARAN (SETELAH PERTEMUAN 4)

- **Jurnal Reflektif:** Peserta didik menulis jurnal reflektif tentang apa yang mereka pelajari, kesulitan yang dihadapi, bagaimana mereka mengatasi kesulitan, dan bagaimana pembelajaran ini relevan dengan kehidupan mereka serta dampaknya terhadap lingkungan.

Tes Tertulis:

- **Soal untuk menguji pemahaman peserta didik tentang pencapaian tujuan pembelajaran pada Tes Tertulis:**
 1. Jelaskan perbedaan antara proses termodinamika isothermal dan adiabatik! Bagaimana perubahan energi dalam, kerja, dan kalor terjadi pada masing-masing proses ini?
 2. Suatu mesin kalor beroperasi antara reservoir panas bersuhu T_1 dan reservoir dingin bersuhu T_2 . Jika mesin ini ideal (siklus Carnot), rumuskan dan jelaskan bagaimana efisiensinya dapat dihitung. Mengapa efisiensi mesin kalor tidak pernah mencapai 100%?
 3. Sebuah kulkas memindahkan 300 J kalor dari dalam ke luar dengan melakukan kerja sebesar 100 J. Hitunglah koefisien performansi (COP) kulkas tersebut. Berdasarkan prinsip termodinamika, mengapa kulkas memerlukan kerja untuk mendinginkan?
 4. Gambarkan siklus termodinamika lengkap (misal: siklus Otto atau siklus Diesel secara sederhana) dan jelaskan prinsip kerja mesin berdasarkan siklus tersebut, serta identifikasi di mana Hukum Termodinamika I dan II diterapkan.
 5. Fenomena pemanasan global sering dikaitkan dengan peningkatan emisi gas rumah kaca. Bagaimana prinsip termodinamika (khususnya hukum entropi atau efisiensi energi) dapat menjelaskan mengapa aktivitas manusia yang menghasilkan panas atau menggunakan energi secara tidak efisien berkontribusi pada masalah lingkungan ini? Berikan contoh solusi berbasis termodinamika untuk mengurangi dampaknya.
- **Tugas Akhir/Proyek (Portofolio):** Mengumpulkan semua produk proyek (infografis/video/podcast/esai/model) yang telah dibuat selama pembelajaran, serta presentasi akhir jika ada. Rubrik penilaian proyek akan mencakup:
 - Kedalaman analisis konsep termodinamika.
 - Keakuratan informasi dan perhitungan.
 - Kreativitas dan kualitas penyajian.
 - Relevansi solusi yang ditawarkan terhadap masalah energi/lingkungan.
 - Kemampuan presentasi dan komunikasi.
- **Umpan Balik Teman Sejawat:** Peserta didik saling memberikan umpan balik terhadap presentasi atau proyek teman mereka menggunakan panduan rubrik yang

disediakan.