

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN
ETNOSAINS MATERI HUKUM TERMODINAMIKA
(E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu
Pendidikan Fisika



Oleh : **Nanda Amaliyah**
NIM : 1908066032

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

HALAMAN JUDUL
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN
ETNOSAINS MATERI HUKUM TERMODINAMIKA
(E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu
Pendidikan Fisika



Oleh : **Nanda Amaliyah**
NIM : 1908066032

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nanda Amaliyah

NIM : 1908066032

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

Pengembangan E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang merujuk sumbernya.

Semarang, 08 November 2023



Nanda Amaliyah

NIM. 1908066032

PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl. Prof. Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. (024) 76433366
E-mail: fst@walisongo.ac.id, Web: www.fst.walisongo.ac.id

PENGESAHAN

Naskah proposal skripsi berikut ini:

Judul : Pengembangan E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum
Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan
Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Penulis : Nanda Amaliyah

NIM : 1908066032

Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam Sidang Munaqasyah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 08 Januari 2024

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Dr. Susilawati, M.Pd.

NIP. 198605122019032010

Penguji II,

Drs. H. Jasuri, M.Si.

NIP. 196710141994031005

Penguji III,

Muhammad Arif Khalif, M.Sc.

NIP. 19821009011011010

Penguji IV,

Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.

NIP. 198906262019031012

Pembimbing I,

Dr. Susilawati, M.Pd.

NIP. 198605122019032010

Pembimbing II,

Drs. H. Jasuri, M.Si.

NIP. 196710141994031005

NOTA PEMBIMBING

NOTA DINAS

Samarang, 08 November 2023

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUTAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama : **NANDA AMALIYAH**

NIM : **1908066032**

Jurusan : **Pendidikan Fisika**

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqasah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I



SUSILAWATI, M.Pd.
NIP. 198605122019032010

NOTA DINAS

Semarang, 08 November 2023

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama : NANDA AMALIYAH

NIM : 1908066032

Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II



Dra. H. JASURI, M.Si
NIP. 196710141894031005

ABSTRAK

Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan yang dibutuhkan oleh siswa dalam menghadapi persaingan pada era revolusi industri 4.0. E-modul yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika E-Modul Etno-Termo, mendeskripsikan hasil analisis kelayakan E-Modul Etno-Termo, dan menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Research and Development* (R&D) dan menerapkan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI IPA 1 dan XI IPA 2 MAN 2 Tegal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Modul Etno-Termo didesain menggunakan platform Canva dan dibagikan dalam bentuk link website Heyzine dengan komponen yang terdiri dari sampul, kata pengantar, daftar isi, pendahuluan, kegiatan belajar (meliputi penjelasan materi, muatan etnosains daerah Tegal, video pembelajaran, rangkuman, tugas, latihan soal, dan penilaian diri) evaluasi, kunci jawaban, glosarium, dan daftar pustaka. E-Modul Etno-Termo layak digunakan dalam pembelajaran dengan persentase angket validasi e-modul sebesar 91% atau kategori sangat baik dan persentase angket respon siswa sebesar 86% atau kategori sangat baik. Keterampilan berpikir kritis siswa mengalami peningkatan dengan skor N-Gain sebesar 0,77 atau kategori tinggi.

Kata Kunci: E-Modul, Etnosains, Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamiin segala puji dan syukur peneliti panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala, yang telah menganugerahkan rahmat, inayah dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengembangan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa”. Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, terutama kedua orang tua, Bapak Abduk Karim dan Ibu Sulastri yang selalu memberikan semangat, dukungan, dorongan, kasih sayang serta doa yang tak pernah putus kepada penulis. Dengan ketulusan hati, peneliti juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Nizar, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Dr. Joko Budi Poernomo, M. Pd, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika yang telah membantu proses perizinan penelitian.
4. Hartono, M. Sc, selaku dosen wali yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan.
5. Dr. Susilawati, M.Pd, selaku Pembimbing I dan Drs. H. Jasuri, M.Si, selaku Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan

- waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
6. Dr. Joko Budi Poernomo, M.Pd, selaku validator I, Agus Sudarmanto, M.Si, selaku validator II, dan Ika Rina Martini, M.Pd, selaku validator III yang telah memberikan penilaian dan sarann perbaikan terhadap produk yang dikembangkan.
 7. Seluruh dosen, pegawai, dan civitas akademik di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
 8. Dr. H. Kasturi, M.Pd, selaku kepala MA Negeri 2 Tegal dan staf yang telah memberikan izin kepada peneliti.
 9. Ika Rina Martini, M.Pd, selaku guru fisika kelas XI MA Negeri 2 Tegal yang telah memberikan tanggapan mengenai produk yang dikembangkan.
 10. Sahabat-sahabat yang senantiasa mendengarkan keluh kesah dan menyemangati saya.
 11. Siswa-siswi MA Negeri 2 Tegal Kelas XI IPA 1, XI IPA2, dan XI IPA 3 angkatan 2022/2023.
 12. Teman-teman Pendidikan Fisika 2019 Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang menjadi teman seperjuangan selama menyelesaikan perkuliahan.
 13. Teman-teman PPL SMA Negeri 2 Semarang dan teman-teman KKN Reguler Angkatan 79 Kelompok 29 yang telah berkontribusi memberikan informasi dan semangat kepada peneliti.

14. Semua pihak yang telah berjasa dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Harapan dan doa penulis, semoga Allah Subhanahu Wata'ala senantiasa membalas kebaikan apa yang telah dilakukan (jasa, dukungan, dan doa) semua pihak dan dapat menjadi ladang pahala di sisi-Nya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun pembaca. *Aamiin.*

Semarang, 08 November 2023

Penulis,



Nanda Amaliyah

NIM. 1908066032

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Pembatasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9
G. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan Produk	10
H. Spesifikasi Pembuatan Produk	11
BAB II KAJIAN PUSTAKA	13
A. Kajian Teori	13
B. Kajian Penelitian yang Relevan	49
C. Kerangka Berpikir	53
BAB III METODE PENELITIAN	54

A. Desain Penelitian	54
B. Prosedur Pengembangan	55
C. Uji Coba Produk	58
D. Teknik Pengumpulan Data	61
E. Teknik Analisis Data	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	75
A. Hasil Pengembangan Produk Awal	75
B. Hasil Uji Coba Produk	86
C. Revisi Produk	100
D. Kajian Produk Akhir	102
E. Keterbatasan Penelitian	105
BAB V PENUTUP	106
A. Simpulan	106
B. Saran Pemanfaatan Produk	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN	117
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	258

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	14
Tabel 3.1	Desain Penelitian <i>Nonequivalent Control Group Design</i>	59
Tabel 3.2	Hasil Uji Butir Soal Keterampilan Berpikir Kritis	63
Tabel 3.3	Kategori Nilai Cronbach Alpha	64
Tabel 3.4	Kategori Nilai <i>Person Reliability</i> dan <i>Item Reliability</i>	64
Tabel 3.5	Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	65
Tabel 3.6	Hasil Uji Daya Beda Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	66
Tabel 3.7	Kategori Tingkat Kesukaran Butir Soal	68
Tabel 3.8	Kategori Tingkat Kesukaran Butir Soal Penelitian	69
Tabel 3.9	Hasil Uji Tingkat Kesukaran Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	69
Tabel 3.10	Kategori Persentase Kelayakan E-Modul	72
Tabel 3.11	Kategori Kriteria Interpretasi Nilai Gain	74
Tabel 4.1	Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Bahan Ajar E-Modul Suhu dan Kalor	87
Tabel 4.2	Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	89
Tabel 4.3	Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar	90
Tabel 4.4	Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Instrumen Angket Respon Siswa	91
Tabel 4.5	Rekapitulasi Hasil Penilaian Angket Respon Siswa	93

Tabel 4.6	Hasil Uji Normalitas Data Awal	94
Tabel 4.7	Hasil Uji Homogenitas Data Awal	95
Tabel 4.8	Hasil Uji Normalitas Data Akhir	97
Tabel 4.9	Hasil Uji Homogenitas Data Akhir	98
Tabel 4.10	Hasil Uji Hipotesis	99
Tabel 4.11	Hasil Uji N-Gain	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Teh Poci	23
Gambar 2.2	Es Lontrong	24
Gambar 2.3	Taman Wisata Air Panas Guci	25
Gambar 2.4	Olos	26
Gambar 2.5	Tradisi Prepegan	28
Gambar 2.6	Gas dalam Sebuah Tabung yang Dilengkapi dengan Piston yang Dapat Bergerak	31
Gambar 2.7	Diagram PV Proses Isotermal Gas Ideal pada Dua Temperatur yang Berbeda	34
Gambar 2.8	Diagram PV Proses Adiabatik (AC) dan Isotermal (AB)	35
Gambar 2.9	Diagram PV Proses Isokhorik	37
Gambar 2.10	Diagram PV Proses Isobarik	38
Gambar 2.11	Diagram Skematik Perpindahan Energi Mesin Kalor	41
Gambar 2.12	Siklus Carnot	43
Gambar 2.13	Diagram Skematik Perpindahan Energi pada Mesin Pendingin	45
Gambar 2.14	Skema Kerangka Berpikir Penelitian	53
Gambar 3.1	Tahap Pengembangan Model ADDIE	55
Gambar 3.2	Peta Wright Uji Butir Soal Keterampilan Berpikir Kritis	67
Gambar 4.1	Desain sampul Depan Dan Sampul Belakang	76
Gambar 4.2	Desain Kata Pengantar	77
Gambar 4.3	Desain Daftar Isi	78
Gambar 4.4	Desain Pendahuluan	78
Gambar 4.5	Desain Kegiatan Belajar	79
Gambar 4.6	Desain Muatan Etnosains dan Video Pembelajaran	80
Gambar 4.7	Desain Rangkuman	81

Gambar 4.8	Desain Tugas dan Latihan Soal	81
Gambar 4.9	Desain Penilaian Diri	82
Gambar 4.10	Desain Evaluasi	83
Gambar 4.11	Desain Kunci Jawaban	84
Gambar 4.12	Desain Glosarium	85
Gambar 4.13	Desain Daftar Pustaka	85
Gambar 4.14	Revisi Penulisan Persamaan	101
Gambar 4.15	Revisi Definisi	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Lembar Hasil Wawancara	117
Lampiran 2	Kisi-kisi Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar	118
Lampiran 3	Lembar Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar	119
Lampiran 4	Validitas Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar	125
Lampiran 5	Hasil Angket Validasi Bahan Ajar	132
Lampiran 6	Rekapitulasi Hasil Angket Validasi Bahan Ajar	144
Lampiran 7	Kisi-kisi Instrumen Angket Respon Siswa	145
Lampiran 8	Lembar Instrumen Angket Respon Siswa	146
Lampiran 9	Validitas Instrumen Angket Respon Siswa	149
Lampiran 10	Hasil Angket Respon Siswa	155
Lampiran 11	Daftar Nama Responden Uji Keterbacaan E-modul	157
Lampiran 12	Rekapitulasi Hasil Penilaian Uji Keterbacaan E-modul	158
Lampiran 13	Kisi-kisi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	160
Lampiran 14	Lembar Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis pada E-modul Etno-Termo	180
Lampiran 15	Validitas Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	181
Lampiran 16	Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis	187
Lampiran 17	Daftar Nama Responden Implementasi Kelas Eksperimen	188
Lampiran 18	Surat Penunjukkan Pembimbing	191

Lampiran 19	Surat Permohonan Validasi Instrumen Penelitian	192
Lampiran 20	Surat Permohonan Izin Penelitian	193
Lampiran 21	Surat Keterangan Pasca Penelitian	194
Lampiran 22	Tangkapan Layar Muatan Etnosains E-Modul Etno-Termo	195
Lampiran 23	Dokumentasi Penelitian	196
Lampiran 24	Hasil Pengerjaan Tes Keterampilan Berpikir Kritis	197
Lampiran 25	Link E-Modul Etno-Termo	210
Lampiran 26	Tampilan E-Modul Etno-Termo	211

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ilmu pengetahuan dan teknologi terus mengalami perkembangan dan telah memasuki era revolusi industri 4.0. Era ini mengarahkan dunia pendidikan untuk melaksanakan pembelajaran abad 21 yang menuntut beberapa keterampilan khusus dikuasai oleh siswa. Keterampilan tersebut dinamakan 4C yaitu *critical thinking*, *creative thinking*, *collaboration*, dan *communication* (Haqiqi et al., 2020). Keterampilan abad 21 ini bertujuan membekali kemampuan yang dibutuhkan oleh siswa dalam menghadapi persaingan pada era revolusi industri 4.0 (Isma et al., 2022). Artinya, siswa diharuskan untuk menguasai beberapa keterampilan, salah satunya yaitu keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*). Keterampilan berpikir kritis memiliki peran penting terhadap kehidupan terutama dalam hal penilaian dan pemecahan suatu permasalahan. Siswa dapat terbantu dalam memahami suatu konsep pengetahuan dengan menerapkan keterampilan berpikir kritis. (Susilawati et al., 2020).

Berdasarkan hasil wawancara terhadap guru fisika MAN 2 Tegal, pembelajaran fisika di MAN 2 Tegal memiliki keterbatasan fasilitas bahan belajar berupa buku paket. Satu buku paket pelajaran fisika harus digunakan bersama oleh dua

siswa. Selain itu, buku tersebut juga harus dipinjam secara bergiliran dari perpustakaan oleh kelas yang akan melaksanakan pembelajaran fisika. Buku merupakan penunjang pembelajaran yang penting dalam menentukan kesuksesan pembelajaran. Kurangnya fasilitas bahan belajar akan mengurangi fokus dan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran. Sementara itu, kegiatan pembelajaran di sekolah dapat menjadi wadah untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (Budiastuti, 2021).

Proses pembelajaran fisika dapat mengasah dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Hal tersebut karena pembelajaran fisika merupakan kegiatan memahami fenomena alam dengan menggunakan kemampuan berpikir yang mendalam. Mempelajari fisika dapat melatih keterampilan berpikir kritis melalui pengamatan terhadap fenomena-fenomena alam sekitar yang berhubungan dengan konsep fisika. Fisika berkaitan erat dengan berbagai aspek dalam kehidupan manusia. Belajar fisika dapat dikatakan sebagai proses memahami hukum-hukum alam untuk dapat diterapkan dalam kehidupan (Kurniawan & Syafriani, 2021). Oleh karena itu, pengetahuan tentang fisika akan sangat bermanfaat pada kehidupan sehari-hari. Namun, sebagian besar siswa merasa kesulitan memahami konsep fisika sehingga kurang tertarik untuk mempelajarinya.

Hukum termodinamika merupakan salah satu pembahasan dalam fisika yang berhubungan dengan banyak aspek dalam kehidupan. Peristiwa Hukum Termodinamika banyak terjadi di lingkungan sekitar, namun siswa hanya menerima pengetahuan yang ada tanpa mencari tahu kebenarannya. Hal ini karena Hukum Termodinamika bukan merupakan pembahasan yang menarik bagi siswa (Handayani et al., 2018). Penunjang pembelajaran untuk menumbuhkan antusias belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa sangat diperlukan demi keefektifan pembelajaran fisika.

Salah satu penunjang pembelajaran adalah bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Oleh karena itu, keberadaan bahan belajar berupa e-modul dapat menjadi solusi dalam mengatasi permasalahan tersebut. E-modul membantu siswa mendapatkan materi pembelajaran secara optimal karena mudah diakses melalui android yang hampir dimiliki oleh semua siswa. Penyajian materi dalam e-modul menyesuaikan kebutuhan siswa sehingga dapat belajar secara mandiri sekaligus melatih keterampilan berpikir kritis. Konten menarik yang dapat dimuat dalam berbagai bentuk media menjadi daya tarik tersendiri dari e-modul (Laili et al., 2019). Adapun penggunaan konsep fenomena di masyarakat sebagai konten ajar dapat meningkatkan minat belajar siswa.

Etnosains dapat diterapkan dalam pembelajaran untuk menciptakan suasana belajar dengan integrasi budaya

masyarakat. Integrasi etnosains dalam pembelajaran akan mengenalkan siswa dengan fenomena-fenomena di masyarakat yang berkaitan dengan sains ilmiah. Oleh karena dekat dengan kehidupan sehari-hari dan lebih mudah dipahami, siswa lebih tertarik dalam mengikuti proses pembelajaran. Pembelajaran tersebut sekaligus menyediakan kesempatan untuk siswa melatih keterampilan berpikir kritis. Siswa dapat merasakan secara langsung kebermanfaatannya sains melalui belajar dan eksplorasi terhadap lingkungan sekitar. Banyak konsep dan hukum dalam sains yang terkandung dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Siswa akan menyadari bahwa budaya masyarakat merupakan bagian mendasar dari sains (Ahmadi et al., 2019).

Produk budaya masyarakat adalah bentuk pengetahuan, kebiasaan, dan pemahaman yang menjadi pedoman hidup setempat atau biasa disebut kearifan lokal. Kabupaten Tegal dan Kota Tegal yang merupakan wilayah administratif di pesisir utara Laut Jawa tentu memiliki kearifan lokal yang memiliki potensi (Dzimuna, 2020). Jika ditinjau dari sisi ilmu fisika, kearifan lokal Tegal dapat menjadi sumber pengetahuan berkaitan penerapan hukum-hukum fisika. Kuliner, kebiasaan masyarakat, wisata dan kekayaan alam daerah Tegal merupakan bentuk-bentuk kearifan lokal yang dapat menjadi bahan pembahasan dalam pembelajaran. Nilai sains yang termaktub di dalamnya bermanfaat sebagai penggambaran

nyata dari suatu fenomena sains (Sarah, 2019). Topik sains ilmiah yang bersumber dari kehidupan masyarakat akan menjadikannya terasa lebih dekat dengan penalaran siswa.

Kehidupan masyarakat dan alam sekitar merupakan bahan belajar yang tepat karena terus mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Sebagaimana entropi alam semesta yang selalu mengalami peningkatan. Allah SWT telah memberitahukan tentang adanya fenomena entropi atau ketidakteraturan suatu sistem melalui Al-Qur'an sejak belasan abad yang lalu dalam surah Ar-Rahman ayat 9 (Chusni et al., 2018), yang berbunyi:

وَأَقِيمُوا الْوَزْنَ بِالْقِسْطِ وَلَا تُخْسِرُوا الْمِيزَانَ

Artinya: Tegakkanlah timbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi timbangan itu (Agama RI, 2019).

Menurut tafsir Jalalain, makna dari QS. Ar-Rahman ayat 9 adalah: *“(Dan tegakkanlah timbangan itu dengan adil) artinya tidak curang (dan janganlah kalian mengurangi timbangan itu) maksudnya mengurangi barang yang ditimbang itu”* (Al-Mahalli & Bakar, 2017). Ayat ini pada intinya membahas tentang timbangan yang tidak boleh ditambah atau dikurangi. Nasehat tersirat dalam ayat ini yaitu ketika semua hal ingin seimbang, maka kita dilarang mengurangi atau menambahkan hal yang telah seimbang tersebut sehingga menimbulkan ketidakseimbangan. Kita

harus memperhatikan keseimbangan dalam semua perbuatan dan ucapan. Hal ini berlaku baik kepada diri sendiri maupun orang di sekitar kita. Kita telah melihat adanya ketidakteraturan, ketidakselarasan, bahkan kehancuran dalam kehidupan manusia saat ini. Contoh peristiwa tersebut adalah berkurangnya orang yang beriman, jumlah wanita yang lebih banyak daripada pria, maraknya pembunuhan, perzinahan, dan fitnah (Chusni et al., 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian mengenai Pengembangan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. E-modul ini dapat memenuhi kebutuhan bahan belajar siswa tanpa terbatas waktu dan tempat. Selain itu, akses e-modul cukup sederhana, yaitu melalui *link* yang dapat dibuka pada browser *smartphone*. Oleh karena bermuatan etnosains daerah Tegal yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, e-modul ini dapat menarik antusiasme siswa untuk belajar. Konten e-modul disusun sedemikian rupa sehingga mendorong siswa dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui belajar fisika.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan diidentifikasi sebagai berikut:

1. Siswa dituntut untuk memiliki keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran abad 21.
2. Ketersediaan bahan ajar yang menjadi penunjang keberhasilan pembelajaran masih terbatas.
3. Fisika dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit sehingga tidak menarik untuk dipelajari.
4. Bahan ajar yang menarik diperlukan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. E-modul yang disusun berdasarkan kurikulum 2013 Revisi.
2. Materi yang diambil untuk e-modul dalam penelitian yaitu hukum termodinamika.
3. E-modul yang disusun bermuatan etnosains dalam lingkup daerah Tegal.
4. Penelitian dilakukan pada siswa kelas XI MAN 2 Tegal.
5. Pengujian produk dilakukan untuk mengetahui kelayakan produk dan peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana desain E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?
2. Bagaimana kelayakan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?
3. Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan tersebut, maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mendapatkan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
2. Mendeskripsikan hasil analisis kelayakan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
3. Menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-

Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

F. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menyumbang perbendaharaan keilmuan, terutama tentang inovasi pengembangan bahan ajar dan upaya peningkatan keterampilan berpikir kritis. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi rujukan dari penelitian selanjutnya berhubungan dengan penggalian potensi lokal suatu daerah untuk diintegrasikan dalam pembelajaran.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Sekolah

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengoptimalan mutu pendidikan melalui kemajuan pemahaman dan pencapaian siswa, terutama pada materi termodinamika.

b. Bagi Guru

- 1) Memberikan alternatif bahan ajar dalam menyampaikan materi sehingga peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dan tujuan pembelajaran tercapai.

- 2) Menambah wawasan kepada guru tentang variasi bahan ajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran.
- c. Bagi Siswa
- 1) Menumbuhkan minat belajar siswa karena adanya muatan etnosains.
 - 2) Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui konten yang tersaji sedemikian rupa dalam e-modul.
 - 3) Memudahkan siswa dalam memahami konsep hukum termodinamika karena penyajian bahan ajar yang mengaitkan konsep fisika dengan fenomena kehidupan sekitar.
- d. Bagi Peneliti
- Penelitian ini menambahkan pengetahuan dan keterampilan terkait pengembangan bahan ajar fisika yang dapat mengatasi permasalahan dan mencapai tujuan pembelajaran.

G. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan Produk

1. Hasil pengembangan berupa E-Modul Etno-Termo untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa menjadi solusi bahan ajar fisika kelas XI pada materi hukum termodinamika.

2. Kualitas e-modul dinilai dan dievaluasi oleh validator ahli dan subjek penelitian sebagai berikut:
 - a. Validator ahli, yaitu dua dosen fisika. Penilaian oleh validator ahli meliputi desain, kesesuaian materi dengan kurikulum, keterkaitan materi dengan perkembangan ilmu pengetahuan, keakuratan materi, kelengkapan materi, efisiensi materi, dan efektifitas materi dalam meningkatkan kompetensi siswa.
 - b. Guru mata pelajaran fisika kelas XI MAN 2 Tegal, meliputi kelengkapan materi, bahasa, dan tampilan e-modul.
3. Produk melalui proses uji keterbacaan e-modul dan implementasi dalam pembelajaran.

H. Spesifikasi Pembuatan Produk

1. Produk yang dikembangkan berupa E-Modul Etno-Termo berdasarkan kompetensi inti dan kompetensi dasar SMA/MA Kurikulum 2013.
2. Produk dikembangkan menggunakan aplikasi Canva dan Heyzine.
3. E-modul memuat materi bermuatan etnosains, latihan soal, dan *game* yang relevan dengan materi hukum termodinamika.

4. E-modul memuat integrasi etnosains daerah Tegal berupa budaya, tradisi, dan kearifan lokal yang berkaitan dengan konsep hukum termodinamika.
5. Konten e-modul disusun sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis merupakan suatu metode berpikir dengan tingkat kualitas pemikiran yang tinggi, di mana pemikir menjadikan struktur dan penerapan berpikir sebagai standar intelektualnya. Keterampilan berpikir kritis adalah suatu kegiatan menganalisis suatu gagasan secara spesifik, tajam, dan selektif, serta mengembangkannya ke arah yang lebih sempurna. Analisis suatu masalah dengan menggunakan keterampilan berpikir kritis membutuhkan kualitas pemikiran dan intelektual yang tinggi. Keterampilan berpikir kritis diperlukan dalam identifikasi suatu permasalahan untuk menemukan solusi yang tepat (Siswono, 2016). Pengambilan keputusan melalui berpikir kritis mempertimbangkan susunan konsep, integrasi konsep, dan evaluasi informasi melalui proses pengamatan, representasi, pengalaman, dan komunikasi (Nafiah & Suyanto, 2014). Indikator keterampilan berpikir kritis terdiri atas dua belas komponen yang dikelompokkan dalam lima indikator sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 2.1 .

Tabel 2.1 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	a. Memfokuskan pertanyaan b. Menganalisis argumen c. Bertanya dan menjawab suatu penjelasan atau tantangan
Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	a. Mempertimbangkan kredibilitas sumber b. Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	a. Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi b. Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi c. Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	a. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkannya b. Mengidentifikasi asumsi
Menyusun strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	a. Menentukan tindakan b. Berinteraksi dengan orang lain (Ennis dalam Costa, 1985)

Berpikir kritis berarti pemikiran reflektif yang logis untuk mengambil keputusan dari hal yang harus diyakini atau dilakukan. Definisi lain dari berpikir kritis yaitu bagian penting dari proses memecahkan suatu masalah (Ennis, 1991). Siswa dapat terbantu oleh keterampilan berpikir kritis dalam memahami suatu gagasan yang sulit dan menyelesaikan persoalan secara efektif. Keterampilan berpikir kritis mengharuskan siswa mengutarakan dan mengevaluasi suatu gagasan untuk diaplikasikan dalam proses belajar (Nafiah & Suyanto, 2014). Seorang siswa dinyatakan memiliki keterampilan berpikir kritis apabila dapat melakukan hal-hal berikut:

- a. Memilih kata-kata yang penting dan berhati-hati dalam pendefinisian saat menyatakan suatu gagasan.
- b. Membangun keyakinan terlebih dahulu sebelum menyetujui suatu kesimpulan.
- c. Mengalisa keyakinan tersebut dan membedakan antara fakta dan opini.
- d. Mengelompokkan opini tersurat dan opini tersirat dalam kesimpulan tersebut.
- e. Menyeleksi beberapa opini yang dapat diterima dan menolak yang lainnya.
- f. Memeriksa kembali opini yang telah diyakini dan dilakukan.

(Siswono, 2016)

Berdasarkan penjelasan mengenai keterampilan berpikir kritis, diketahui bahwa fungsi pikiran atau akal sangat bermanfaat dalam kehidupan. Oleh karena itu, manusia diharuskan untuk menggunakan fungsi akal dengan sebaik-baiknya (Rohmadi, 2018). Sebagaimana terkandung dalam surah Al-Baqarah ayat 164 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ
الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ
مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ ۗ
وَتَصْرِيفِ الرِّيحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ
لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengannya Dia menghidupkan bumi setelah mati (kering), dan Dia menebarkan di dalamnya semua jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti (Agama RI, 2019).

Menurut tafsir Jalalain, makna dari surah Al-Baqarah ayat 164 adalah: “(Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi) yakni keajaiban-keajaiban yang terdapat pada keduanya (serta pergantian malam dan siang) dengan datang dan pergi, bertambah serta

berkurang, (serta perahu-perahu) atau kapal-kapal (yang berlayar) tidak tenggelam atau terpaku di dasar laut (dengan membawa apa yang berguna bagi manusia) berupa barang-barang perdagangan dan angkutan, (dan apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air) hujan, (lalu dihidupkan-Nya bumi dengannya) yakni dengan tumbuhnya tanam-tanaman (setelah matinya) maksudnya setelah keringnya (dan disembarkan di bumi itu segala jenis hewan) karena mereka berkembang biak dengan rumput-rumputan yang terdapat di atasnya, (serta pengisaran air) memindahkannya ke utara atau ke selatan dan mengubahnya menjadi panas atau dingin (dan awan yang dikendalikan) atas perintah Allah Taala, sehingga tertiuip ke mana ia hendak dikehendaki-Nya (antara langit dan bumi) tanpa ada hubungan dan yang yang mempertalikan (sungguh merupakan tanda-tanda) yang menunjukkan keesaan Allah Taala (bagi kaum yang memikirkan) serta merenungkan” (Al-Mahalli & Bakar, 2017). Ayat ini menunjukkan keutamaan orang yang bersedia memanfaatkan akalnya untuk menalar tanda-tanda kekuasaan Allah SWT di alam semesta.

2. E-modul pembelajaran

E-modul merupakan pengembangan modul cetak dalam format elektronik yang dapat digunakan melalui komputer dan android. E-modul memuat materi, metode

belajar, dan evaluasi pembelajaran interaktif yang didesain sedemikian rupa sehingga siswa dapat mencapai kompetensi yang dituntut (Imansari & Sunaryantiningsih, 2017). E-modul yaitu bahan ajar sistematis dalam format digital yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri tanpa bantuan guru secara penuh. E-modul yang interaktif memungkinkan terjadinya umpan balik secara otomatis sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif dan efisien (Sugihartini & Jayanta, 2017).

Konten interaktif e-modul didukung oleh keberagaman bentuk medianya yang menjadi daya tarik, meliputi teks, gambar, dan video. E-modul menjadi alternatif bahan ajar yang praktis karena aksesnya yang tidak terbatas waktu dan tempat belajar. Siswa dapat belajar dengan e-modul melalui *smartphone* meskipun bukan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah. Selain itu, e-modul memiliki fitur navigasi yang mempermudah penggunaannya. Beberapa kelebihan tersebut menjadikan e-modul tepat sebagai solusi pemenuhan kebutuhan bahan ajar dan peningkatan antusias belajar siswa (Pramana et al., 2020). Prosedur penyusunan e-modul meliputi tiga tahap, yaitu:

a. Tahap analisis kebutuhan e-modul

Tahap analisis adalah kegiatan menganalisis RPP dan silabus yang telah disusun agar siswa dapat

belajar secara mandiri. Analisis ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi karakteristik e-modul yang dibutuhkan oleh siswa. Substansi yang diperlukan untuk menguasai Kompetensi Dasar (KD) harus termuat dalam isi e-modul (Kemendikbud, 2017).

b. Tahap desain e-modul

Susunan e-modul sebaiknya menggunakan kerangka sederhana yang memenuhi kebutuhan, kondisi, dan lingkungan belajar siswa. Struktur kerangka e-modul adalah sebagai berikut.

- 1) Sampul
- 2) Kata pengantar
- 3) Daftar isi
- 4) Pendahuluan
- 5) Pembelajaran
- 6) Evaluasi
- 7) Kunci jawaban dan pedoman penskoran
- 8) Glosarium
- 9) Daftar pustaka
- 10) Lampiran

c. Tahap validasi dan penyempurnaan e-modul

Tahap ini merupakan tahap dimana desain e-modul dijadikan sebuah produk dengan menggunakan program authoring tools. Produk e-modul tersebut kemudian divalidasi sebelum digunakan dalam

pembelajaran. Saran dan masukan dari validator menjadi bahan evaluasi pada proses perbaikan hingga finalisasi produk (Najuah et al., 2020).

3. Etnosains dalam Pembelajaran

Etnosains adalah kegiatan mentransformasi sains asli berupa pemahaman tentang fakta di masyarakat yang bersumber dari keyakinan dari generasi ke generasi dan masih memuat mitos (Novitasari et al., 2017). Ruang lingkup sains asli terdiri dari banyak bidang, seperti pertanian, pangan, obat-obatan, pemanfaatan flora dan fauna, dan ekologi. Etnosains tercipta dari pengetahuan yang dijumpai oleh masyarakat secara tidak sengaja. Kemampuan menerjemahkan pengetahuan tersebut menjadi sains ilmiah belum dimiliki oleh masyarakat. Sains asli pada masyarakat tersebut merupakan representasi dari sains ilmiah, disinilah etnosains berperan dalam mengaitkan keduanya (Rahayu & Sudarmin, 2015).

Pembelajaran bermuatan etnosains merupakan suatu pembelajaran yang mengangkat kearifan budaya lokal sebagai adat istiadat, jati diri, dan karakter bangsa (Hadi & Ahied, 2017). Penggunaan budaya lokal dalam pembelajaran bermaksud mengajak siswa melakukan suatu pengamatan secara langsung. Siswa akan terlatih menemukan sendiri berbagai pemahaman dari materi yang

dipelajari secara menyeluruh, bermakna, dan otentik (Damayanti et al., 2017). Pembelajaran ini mengarahkan siswa untuk menyelidiki budaya setempat agar mampu menerapkan materi yang telah didapatkan dari sekolah ke dalam dunia nyata (Novitasari et al., 2017).

Hasil penelitian menyatakan bahwa lingkungan sosial adalah bahan ajar yang representatif sehingga mampu dijadikan sebagai sarana belajar bagi siswa (Hadi et al., 2019). Hasil penelitian lainnya menyatakan penerapan etnosains dalam pembelajaran memudahkan siswa memahami materi karena mengangkat kehidupan dan budaya masyarakat sekitar (Kantina et al., 2022). Hasil penelitian ini selaras dengan hasil penelitian lainnya yang menyebutkan pembelajaran berpendekatan etnosains membuat proses belajar menjadi lebih bermakna. Pembelajaran tersebut juga mempengaruhi peningkatan hasil akademik siswa (Pertiwi & Firdausi, 2019).

4. Etnosains daerah Tegal

Tegal adalah salah satu daerah yang meliputi kota dan kabupaten yang berada di Jawa Tengah, tepatnya di daerah Pantura (pantai utara). Daerah Tegal berada pada posisi strategis secara geografis yaitu di jalur simpangan Jakarta, Purwokerto, dan Semarang. Hal ini menyebabkan banyak bermunculan warung makan yang terkenal dengan nama Warung Tegal (Warteg) di pinggiran jalan. Tidak

hanya terkenal dengan Warteg, daerah Tegal juga memiliki berbagai budaya dan kearifan lokal lainnya (Bakhri, 2018).

Wilayah Tegal yang terdiri dari dataran rendah sekaligus dataran tinggi menjadikannya memiliki berbagai macam objek wisata. Karakteristik tempat tinggal yang beragam di daerah Tegal menciptakan tradisi masyarakat yang juga beragam (Sasmito & Hadiansah, 2015). Berikut ini adalah etnosains daerah Tegal yang dapat diintegrasikan dalam pembelajaran fisika pada materi hukum termodinamika:

a. Teh Poci

Wadah atau teko teh poci yang terbuat dari gerabah merupakan salah satu contoh dari sistem terbuka (Widyastuti et al., 2020). Pengertian sistem terbuka adalah suatu sistem yang memungkinkan massa dan energi keluar atau masuk sistem (Giancoli, 2014). Air teh dalam poci menjadi sistem dan dinding poci beserta benda luar selain air teh menjadi lingkungan. Poci memiliki lubang sehingga massa berupa uap teh atau benda dari luar sistem dan energi berupa kalor dapat keluar atau masuk dari sistem ke lingkungan. Lubang tersebut berfungsi sebagai tempat keluar tuangan air dan kelebihan uap dari dalam poci. Bentuk dari poci ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Teh Poci (Sumber: merdeka.com)

b. Es Lontrong

Hukum ke Nol Termodinamika menyatakan bahwa apabila dua sistem masing-masing setimbang termal dengan sistem ketiga, maka keduanya juga setimbang termal satu sama lain (Giancoli, 2014). Peristiwa tersebut terjadi pada es lontrong yang bahan-bahannya terdiri dari es batu, santan, sirup, cincau hitam, dan kacang hijau (Atrinawati, 2019). Apabila ditinjau pada saat es batu dan santan dicampurkan ke dalam gelas, maka temperatur akhir campuran tersebut adalah temperatur antara temperatur awal es batu dan santan. Hal ini terjadi karena dua benda yang temperatur awalnya berbeda akan secara bertahap mencapai suhu tengah pada saat keduanya bersentuhan. Kondisi di mana dua benda tidak bertukar energi melalui kalor pada saat berada dalam kontak termal disebut dengan kesetimbangan termal (Serway & Jewett, 2010). Oleh karena peristiwa tersebut, kita dapat menikmati segelas es lontrong

yang dingin sebagaimana yang ditampilkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Es Lontong (Sumber: putratravel.net)

c. Taman Wisata Air Panas Guci

Saat mandi di pemandian air panas Guci, tubuh kita akan merasa hangat. Hal ini terjadi karena kalor dapat mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah secara spontan sebagaimana Hukum Kedua Termodinamika (Giancoli, 2014). Benda bertemperatur tinggi dalam hal ini yaitu air hangat belerang di pemandian air panas Guci, sedangkan benda bertemperatur lebih rendah adalah tubuh kita. Air hangat belerang tersebut bermanfaat untuk melancarkan aliran darah, melemaskan ketegangan otot, membersihkan dan meredakan peradangan kulit, menenangkan pikiran, dan lain-lain. Namun, terlalu lama berendam dalam air belerang dan banyak kalor yang masuk ke dalam tubuh memiliki beberapa resiko. Resiko tersebut yaitu kulit

kering, luka bakar, dehidrasi, syok, hipotensi, heat stroke, henti jantung, bahkan kematian pada orang dengan gangguan medis tertentu. Oleh karena itu, orang dewasa sehat tidak disarankan berendam dalam air hangat belerang lebih dari 30 menit. Adapun anak-anak disarankan lebih singkat dari waktu tersebut (Subagja & Kusnadi, 2019). Penampakan dari Pemandian Air Panas Guci direpresentasikan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Taman Wisata Air Panas Guci (Sumber: travelapak.id)

d. Olos

Olos adalah salah satu makanan khas Tegal berupa gorengan berbentuk bulat dari tepung terigu dan tepung tapioka yang berisi beberapa sayuran dan cabai (Resya & Nurnoviyati, 2022). Saat proses penggorengan olos, kalor dari minyak panas akan berpindah ke dalam olos yang bertemperatur lebih rendah. Peristiwa tersebut merupakan penerapan dari

Hukum Kedua Termodinamika (Giancoli, 2014). Terdapat suatu trik dalam menggoreng olos yaitu memasukan olos mentah saat minyak belum panas. Hal ini untuk menghindari olos meledak selama proses penggorengan karena besarnya kalor dari minyak panas yang diserap oleh olos dalam waktu sekejap. Berbeda halnya jika olos dimasukkan saat minyak belum panas, kalor diserap oleh olos secara bertahap sehingga memiliki kesempatan untuk menyebar ke bagian dalam dan tidak terlalu cepat mengeringkan bagian luar olos. Semakin besar dan cepat kalor diserap, semakin cepat juga bagian luar olos mengering dan olos pun mengembang secara cepat oleh uap air yang dihasilkan. Uap air tersebut semakin besar hingga membuat olos meledak. Trik tersebut bertujuan agar dihasilkan olos yang matang hingga ke dalam dan garing di bagian luarnya sebagaimana direpresentasikan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Olos (Sumber: kaskus.co.id)

e. Tradisi Prepegan

Sehari sebelum lebaran Idul Fitri, masyarakat Tegal berbondong-bondong jalan kaki ke pasar untuk berbelanja berbagai keperluan lebaran. Tradisi ini disebut Prepegan (Syifa, 2021). Masyarakat tetap semangat berbelanja walaupun pasar menjadi sangat padat sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.5. Kondisi pasar yang padat membuat lingkungan tersebut menjadi panas. Oleh karena itu, saat berdesak-desakan Prepegan tubuh merespon dengan mengeluarkan keringat dan kalor untuk menyeimbangkan temperatur tubuh. Kalor diperoleh oleh tubuh melalui proses metabolisme di mana makanan menjadi bahan bakar utamanya. Proses metabolisme tidak hanya menghasilkan energi untuk mengoperasikan organ dan melakukan kerja, melainkan juga menghasilkan kalor sebagai penyeimbang suhu tubuh. Kalor tersebut merupakan energi yang berpindah pada reaksi kimia pada proses metabolisme. Adanya kalor dalam tubuh merupakan contoh dari peristiwa Hukum Pertama Termodinamika, di mana energi tidak dapat dihilangkan atau diciptakan namun hanya dapat dikonversikan ke dalam bentuk energi lainnya (Giancoli, 2014).



Gambar 2.5 Tradisi Prepegan (Sumber: wartabahari.com)

Penerapan etnosains pada materi termodinamika dapat diinterpretasikan dalam bentuk soal atau penugasan, contohnya:

Olos adalah salah satu makanan khas Tegal berupa gorengan berbentuk bulat dari tepung terigu dan tepung tapioka yang berisi beberapa sayuran dan cabai. Saat proses penggorengan olos, kalor dari minyak panas akan berpindah ke dalam olos yang bersuhu lebih rendah. Peristiwa tersebut merupakan penerapan dari Hukum Kedua Termodinamika.

Bagaimana ya trik menggoreng olos agar tidak meledak? Jelaskan berdasarkan keterkaitannya dengan Hukum Kedua Termodinamika!

5. Materi Hukum Termodinamika

Termodinamika mempelajari tentang penerapan dari energi panas atau disebut juga energi dalam (*internal energy*) suatu sistem (Halliday et al., 2010).

Termodinamika merupakan bidang yang mempelajari proses tentang energi yang dipindahkan sebagai kalor dan usaha. Kalor disini merupakan energi yang berpindah dari benda satu menuju benda dua yang temeperturnya lebih rendah. Pembahasan tentang termodinamika mengacu pada sistem tertentu. Sistem yaitu badan atau sekelompok benda yang ingin ditinjau. Adapun semua hal lain di alam semesta ini dinamakan lingkungan. Sistem dikategorikan menjadi tiga, yaitu sistem terbuka (massa dan energi dapat masuk atau keluar), sistem tertutup (hanya energi yang dapat keluar atau masuk), dan sistem terisolasi (massa dan energi tidak dapat keluar atau masuk).

a. Energi Dalam

Energi dalam merupakan jumlah dari energi kinetik dan energi potensial berkaitan dengan molekul-molekul zat. Perubahan energi ini direpresentasikan pada Persamaan 2.1:

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (2.1)$$

Keterangan:

ΔU : Perubahan energi dalam (J)

U_1 : Energi dalam kondisi awal (J)

U_2 : Energi dalam kondisi akhir (J)

(Giancoli, 2014)

b. Hukum ke Nol Termodinamika

Hukum ini menyatakan bahwa apabila dua sistem masing-masing setimbang termal terhadap sistem ketiga, maka kedua sistem tersebut juga setimbang termal satu sama lain. Semua benda memiliki besaran temperatur. Saat dua benda setimbang termal, maka temperatur kedua benda adalah sama dan energi tidak mengalir dari satu benda menuju benda lainnya (Giancoli, 2014). Hukum ke Nol Termodinamika ditemukan sangat lama sesudah penemuan hukum pertama dan hukum kedua. Namun, hukum ini memuat konsep tentang temperatur yang merupakan dasar dari kedua hukum sebelumnya sehingga diberi nomor yang lebih rendah (Halliday et al., 2010).

c. Kalor dan Usaha

Sebuah sistem berupa gas terisolasi dalam sebuah silinder dengan piston bergerak di dalamnya seperti pada Gambar 2.6. Gaya ke atas yang dialami piston terjadi karena tekanan gas sama dengan berat yang diberikan oleh timah pada bagian atas piston. Gas mendorong piston ke atas melalui perpindahan $d\vec{s}$ dengan gaya ke atas \vec{F} . Oleh karena perpindahan yang kecil, dapat diasumsikan bahwa \vec{F} adalah konstan. Maka, \vec{F} memiliki besar yang sama dengan PA .

Diferensial usaha yang dilakukan oleh gas selama perpindahan direpresentasikan oleh Persamaan 2.2.

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = (PA)(ds) = P(A ds) = P dV \quad (2.2)$$

Usaha yang dilakukan oleh gas ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (2.3)$$

Keterangan:

W : Usaha (J)

F : Gaya (N)

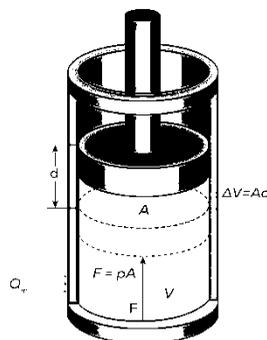
s : Perpindahan (m)

P : Tekanan (N/m^2)

A : Luas penampang (m^2)

V : Volume (m^3)

(Halliday et al., 2010)



Gambar 2.6 Gas dalam Sebuah Tabung dengan Piston yang Dapat Bergerak (Tipler, 1998)

d. Hukum Pertama Termodinamika

Hukum ini berbunyi: perubahan energi dalam (ΔU) yang merupakan sebuah sistem tertutup, akan sama dengan energi kalor (Q) yang diterima oleh sistem melalui pemanasan dikurangi usaha (W) yang dilakukan oleh sistem pada sekelilingnya. Hukum Pertama Termodinamika menyatakan bahwa energi dapat dikonservasikan. Hukum Pertama Termodinamika dirumuskan oleh Persamaan 2.4 berikut ini:

$$\Delta U = Q - W \quad (2.4)$$

Keterangan:

ΔU : Perubahan energi dalam (J)

Q : Kalor yang diserap atau dilepas oleh sistem (J)

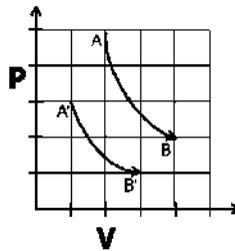
W : Usaha yang dilakukan atau diterima oleh sistem (J)

Usaha W yang dilakukan oleh sistem bernilai positif (+), sedangkan usaha yang diberikan kepada sistem bernilai negatif (-). Hal yang juga berlaku pada kalor Q , jika diserap oleh sistem maka bernilai positif (+), dan jika dilepas oleh sistem maka bernilai negatif (-) (Giancoli, 2014). Variabel keadaan pada proses termodinamika terdiri atas energi dalam (U), tekanan (P), volume (V), temperatur (T), dan massa (m) atau

jumlah mol (n). Kalor (Q) dan usaha (W) tidak termasuk variabel keadaan. Keduanya hanya dilibatkan dalam proses termodinamika dan sebenarnya tidak dimiliki oleh sistem (Giancoli, 2014). Hukum Pertama Termodinamika dapat menjelaskan beberapa proses termodinamika berikut ini:

1) Proses isothermal ($\Delta T = 0$)

Proses isothermal adalah suatu proses ideal seperti menambahkan kalor atau melakukan usaha yang dikerjakan dengan temperatur konstan. Diasumsikan suatu gas ideal berada dalam tabung yang dilengkapi piston (Gambar 2.6) mula-mula memiliki keadaan seperti yang digambarkan oleh titik A pada Gambar 2.7. Kemudian, sejumlah Q ditambahkan ke dalam sistem sehingga tekanan dan volume berubah seperti yang digambarkan oleh titik B. Adapun kurva A'B' menggambarkan proses isothermal pada temperatur yang lebih rendah dan $PV = nRT = \text{konstan}$ yang dihasilkan lebih rendah daripada kurva AB (Giancoli, 2014).



Gambar 2.7 Diagram PV Proses Isotermal Gas Ideal pada Dua Temperatur Berbeda (Tipler, 1998)

Oleh karena temperatur konstan, gas akan akan memuai dan melakukan usaha W pada lingkungan. Gas memberikan gaya dan menggerakkan piston dalam jarak tertentu. Temperatur dan massa konstan sehingga energi dalam tidak berubah: $\Delta U = \frac{3}{2} n R T = 0$. Berdasarkan Hukum Pertama Termodinamika, Persamaan 2.4 menjadi $\Delta U = Q - W = 0$, dengan $W = Q$: pada proses isothermal, usaha yang dikerjakan oleh gas sama besar dengan kalor yang ditambahkan kepada gas (Giancoli, 2014). Proses isothermal suatu gas ideal mengikuti Hukum Boyle seperti pada Persamaan 2.5:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (2.5)$$

Keterangan:

P_1 : Tekanan awal (N/m^2)

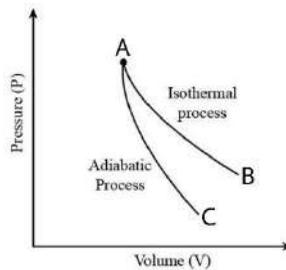
P_2 : Tekanan akhir (N/m^2)

V_1 : Volume awal (m^3)

V_2 : Volume akhir (m^3)

2) Proses Adiabatik ($Q = 0$)

Proses adiabatik yaitu proses yang di dalamnya tidak terdapat kalor yang mengalir ke dalam maupun ke luar sistem. Kurva AC pada Gambar 2.8 menggambarkan pemuaian pada proses adiabatik.



Gambar 2.8 Diagram PV Proses Adiabatik (AC) dan Isotermal (AB) (Tipler, 1998)

Oleh karena $Q = 0$, maka Persamaan 2.4 menjadi $\Delta U = -W$. Ketika memuai, gas melakukan usaha dan W bernilai positif sehingga energi dalam dan temperatur berkurang karena $\Delta U = \frac{3}{2} n R T$. Hasil kali $P V (= n R T)$ pada titik C lebih kecil daripada titik B. Kurva AB merupakan gambaran proses isotermal. Pada proses ke arah berlawanan yaitu dari titik C ke A atau kompresi adiabatik, berlaku sebaliknya, usaha dilakukan pada gas sehingga energi internal

dan temperatur meningkat. Proses adiabatik mengikuti Hukum Poisson seperti pada Persamaan 2.6:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

Atau

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad (2.6)$$

Keterangan:

P_1 : Tekanan awal (N/m^2)

P_2 : Tekanan akhir (N/m^2)

V_1 : Volume awal (m^3)

V_2 : Volume akhir (m^3)

γ : Tetapan Laplace

3) Proses Isokhorik

Proses ini merupakan proses yang di dalamnya volume dijaga konstan. Volume yang tetap menyebabkan sistem tidak dapat melakukan usaha, $W = 0$, sehingga Persamaan 2.4 menjadi $\Delta U = Q$ (Halliday et al., 2010). Oleh karena volume konstan dan temperatur berubah dari T_1 menjadi T_2 , maka berlaku Hukum Gay Lussac pada Persamaan 2.7:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (2.7)$$

Keterangan:

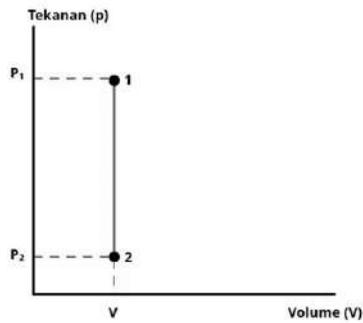
P_1 : Tekanan awal (N/m^2)

P_2 : Tekanan akhir (N/m^2)

T_1 : Temperatur awal (K)

T_2 : Temperatur akhir (K)

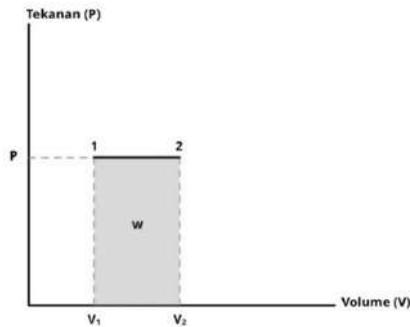
Diagram PV pada Gambar 2.9 merepresentasikan proses isokhorik dengan garis vertikal lurus (Giancoli, 2014).



Gambar 2.9 Diagram PV Proses Isokhorik (Tipler, 1998)

4) Proses Isobarik

Proses ini yaitu proses yang di dalamnya tekanan terjaga konstan, sebagaimana direpresentasikan melalui garis horizontal lurus yang digambarkan oleh diagram PV Gambar 2.10. Selama tekanan konstan, energi dalam (ΔU), jumlah kalor (Q), dan usaha tidaklah bernilai nol. Oleh karena itu, Persamaan 2.3 tidak berubah, $\Delta U = Q - W$ (Giancoli, 2014).



Gambar 2.10 Diagram PV Proses Isobarik (Tipler, 1998)

Volume sebuah gas ideal pada tabung yang dilengkapi dengan piston seperti pada Gambar 2.6 akan mengalami ekspansi jika dipanaskan dan mengalami kompresi jika didinginkan. Tekanan gas pada proses isobarik tetap konstan ketika volume gas diperbesar maupun diperkecil, sehingga besar usahanya dirumuskan oleh Persamaan 2.8 berikut ini:

$$W = P(\Delta V) = P(V_2 - V_1) \quad (2.8)$$

(Giancoli, 2014)

Oleh karena tekanan konstan dan temperatur berubah dari T_1 menjadi T_2 , maka berlaku Hukum Charles pada Persamaan 2.9:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (2.9)$$

Keterangan:

W : Usaha (J)

- P : Tekanan (N/m^2)
 V_1 : Volume awal (m^3)
 V_2 : Volume akhir (m^3)
 T_1 : Temperatur awal (K)
 T_2 : Temperatur akhir (K)

e. Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor (C) bukanlah batas kemampuan dalam menyerap kalor. Proses perpindahan kalor dapat terus terjadi tanpa batas selama terdapat perbedaan temperatur antara sistem dan lingkungan. Kapasitas kalor merupakan jumlah kalor yang digunakan untuk menaikkan satu derajat temperatur suatu zat. Kapasitas kalor C dari suatu benda bernilai konstan antara kalor Q yang dilepas atau diserap dengan perubahan temperatur ΔT yang dihasilkan oleh benda seperti direpresentasikan pada Persamaan 2.10.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{Q}{T_2 - T_1} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- C : Kapasitas kalor (J/K)
 Q : Kalor yang dilepas atau diserap (J)
 T_1 : Temperatur awal (K)
 T_2 : Temperatur akhir (K)

(Halliday et al., 2010)

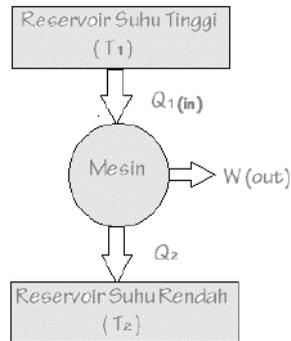
- 1) Kapasitas kalor pada tekanan tetap C_P adalah kalor yang dibutuhkan untuk meningkatkan satu derajat temperatur suatu zat pada tekanan tetap, persamaannya adalah $C_P = \frac{Q_P}{\Delta T}$.
 - 2) Kapasitas kalor pada volume tetap C_V adalah kalor yang dibutuhkan untuk meningkatkan satu derajat temperatur suatu zat pada volume tetap, persamaannya adalah $C_V = \frac{Q_V}{\Delta T}$.
- f. Hukum Kedua Termodinamika

Clausius merumuskan Hukum Kedua Termodinamika melalui pernyataan: Kalor dapat mengalir dari benda bertemperatur tinggi menuju benda bertemperatur lebih rendah secara spontan, kalor tidak dapat mengalir dari benda bertemperatur rendah menuju benda bertemperatur lebih tinggi secara spontan. Adapun Kelvin-Planck merumuskan Hukum Kedua Termodinamika dengan pernyataan: Tidak terdapat alat yang mampu mengubah sejumlah tertentu kalor seluruhnya menjadi usaha (Giancoli, 2014).

- 1) Mesin Kalor

Cara kerja dari mesin kalor adalah hanya apabila kalor mengalir dari temperatur tinggi menuju temperatur rendah. Energi mekanis pada

mesin kalor dapat diperoleh dari energi termal. Kalor tersebut kemudian diubah menjadi usaha mekanis seperti yang direpresentasikan oleh Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Diagram Skematik Perpindahan Energi Mesin Kalor (Tipler, 1998)

Perubahan energi internal sistem adalah nol, $\Delta U = 0$, karena kerja mesin kalor dalam siklus yang berulang. Input kalor Q_1 pada temperatur tinggi T_1 diubah sebagian menjadi usaha W dan sisanya berubah menjadi kalor Q_2 pada temperatur rendah T_2 . Persamaan 2.11 berikut ini adalah persamaan pada kerja mesin kalor berdasarkan konservasi energi.

$$Q_1 = W + Q_2 \quad (2.11)$$

Keterangan:

W : Usaha yang dilakukan oleh sistem (J)

Q_1 : Kalor pada temperatur tinggi (J)

Q_2 : Kalor pada temperatur rendah (J)
(Giancoli, 2014)

2) Efisiensi Mesin Kalor

Efisiensi mesin kalor adalah perbandingan dari usaha W yang dikerjakan terhadap kalor yang diterima pada temperatur yang tinggi Q_1 . Efisiensi dapat direpresentasikan oleh Persamaan 2.12 berikut ini:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad (2.12)$$

Keterangan:

η : Efisiensi

W : Usaha yang dilakukan oleh sistem (J)

Q_1 : Kalor pada temperatur tinggi (J)

Oleh karena energi terkonversikan, kalor Q_1 harus sama besar dengan usaha W yang dilakukan, dijumlahkan dengan kalor yang keluar pada temperatur rendah Q_2 :

$$Q_1 = W + Q_2$$

$$W = Q_1 - Q_2$$

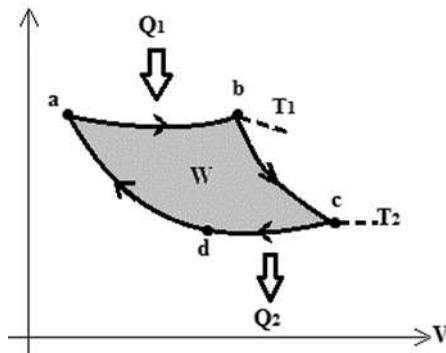
Maka besar efisiensi mesin dapat direpresentasikan oleh Persamaan 2.13.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \\ \eta &= 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Efisiensi dapat disajikan dalam bentuk persen dengan cara mengalikan persamaan 2.8 dengan 100 (Giancoli, 2014).

3) Mesin Carnot

Sadi Carnot (1796-1832) mempelajari tentang ciri dari mesin ideal untuk menemukan cara meningkatkan efisiensi. Mesin ini kemudian disebut mesin Carnot. Siklus pada kerja mesin Carnot diperlihatkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Siklus Carnot (Tipler, 1998)

Mesin ini memiliki siklus yang meliputi empat proses sebagai berikut.

- a) Gas memuai secara isothermal (a-b), kalor Q_1 diserap pada temperatur T_1 .
- b) Gas memuai secara adiabatik (b-c), tidak ada pertukaran kalor tetapi temperatur turun hingga T_2 .

- c) Gas dimampatkan secara isothermal pada temperatur T_2 (c-d), kalor Q_2 mengalir keluar.
- d) Gas dimampatkan secara adiabatik (d-a), kembali ke keadaan awal (Giancoli, 2014).

Menurut Carnot, mesin kalor yang reversibel memiliki Q_1 dan Q_2 yang sebanding dengan T_1 dan T_2 . Hal ini karena sistem diasumsikan bersentuhan langsung dengan penampang-penampang kalor ideal yang sedemikian besar sehingga temperatur tidak berubah secara signifikan ketika Q_1 dan Q_2 dipindahkan, maka besar efisiensi dapat direpresentasikan oleh Persamaan 2.14.

$$\eta_{ideal} = \frac{T_1 - T_2}{T_2} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (2.14)$$

Keterangan:

η_{ideal} : Efisiensi mesin ideal

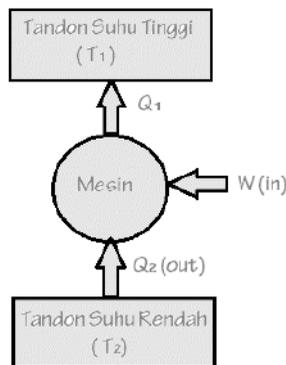
T_1 : Temperatur tinggi (K)

T_2 : Temperatur rendah (K)

Kondisi temperatur normal, tidak memungkinkan ada mesin yang memiliki efisiensi 100%, kecuali temperatur keluaran T_2 bernilai nol mutlak (sebagaimana pernyataan Kelvin-Planck). Namun, tidak mungkin mencapai nol mutlak secara praktis maupun teoritis.

4) Mesin Pendingin

Prinsip kerja dari mesin ini berbanding terbalik dengan prinsip kerja mesin kalor. Alat ini mengalirkan kalor keluar dari lingkungan dingin menuju lingkungan yang lebih panas. Mesin pendingin memerlukan usaha untuk mengangkut kalor dari daerah bertemperatur rendah ke daerah bertemperatur tinggi. Hal ini merepresentasikan pernyataan Clsius tentang Hukum Kedua Termodinamika. Maka, tidak ada refegerator yang sempurna. Gambar 2.13 memperlihatkan cara kerja dari mesin pendingin.



Gambar 2.13 Diagram Skematik Perpindahan Energi pada Mesin Pendingin ((Tipler, 1998)

Usaha W dilakukan untuk mengangkut kalor dari daerah yang bertemperatur rendah (T_2) yaitu di dalam mesin pendingin. Kalor dalam jumlah yang lebih besar dialirkan keluar ke daerah

bertemperatur tinggi (T_1) yaitu ruangan. Kalor Q_2 diambil dari kumparan pendingin di dalam refrigerator, sedangkan kalor Q_1 dikeluarkan oleh kumparan di luar refrigerator (Giancoli, 2014).

Koefisien kerja C_p mesin pendingin yaitu kalor Q_2 yang dipindahkan dari daerah bertemperatur rendah (dalam mesin pendingin) per-usaha yang dilakukan untuk memindahkan kalor. Besar C_p ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.15 berikut ini:

$$C_p = \frac{Q_2}{W} \quad (2.15)$$

Oleh karena energi dikonservasikan, maka Hukum Pertama Termodinamika dapat ditulis menjadi $W = Q_1 - Q_2$. Persamaan 2.15 dituliskan menjadi Persamaan 2.16 berikut ini:

$$C_p = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (2.16)$$

Keterangan:

- C_p : Koefisien kerja
- W : Usaha yang dilakukan oleh sistem (J)
- Q_1 : Kalor pada temperatur tinggi (J)
- Q_2 : Kalor pada temperatur rendah (J)

Persamaan untuk mesin pendingin ideal direpresentasikan oleh Persamaan 2.17.

$$C_{P_{\text{ideal}}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (2.17)$$

Keterangan:

$C_{P_{\text{ideal}}}$: Koefisien kerja mesin pendingin ideal

T_1 : Temperatur tinggi (K)

T_2 : Temperatur rendah (K)

5) Entropi dan Hukum Kedua Termodinamika

Entropi merupakan ukuran ketidakteraturan atau keteraturan suatu sistem. Entropi juga diartikan sebagai ukuran banyak atau sedikitnya energi yang tidak mampu dikonversi menjadi usaha. Entropi termasuk variabel keadaan sistem. Sistem memiliki temperatur, volume, tekanan, dan termasuk entropi dalam nilai tertentu tergantung keadaan sistem. Perubahan entropi S suatu sistem saat sejumlah kalor Q diserap pada temperatur konstan melalui proses ideal ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.18.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (2.18)$$

Keterangan:

ΔS : Perubahan entropi (J/K)

Q : Kalor yang dilepas atau diserap (J)

T : Temperatur (K)

(Giancoli, 2014)

Jika entropi di satu bagian sistem berkurang, maka entropi pada bagian lain meningkat cukup besar sehingga perubahan entropi sistem bernilai positif. Berdasarkan entropi tersebut, Hukum Kedua Termodinamika dapat diungkapkan dengan: Entropi sistem terisolasi tidak dapat berkurang, melainkan hanya dapat tetap sama atau meningkat. Hanya proses reversibel yang memiliki $\Delta S = 0$. Entropi sistem pada proses sesungguhnya lebih besar dari nol seperti yang digambarkan oleh Persamaan 2.19.

$$\Delta S > 0 \quad (2.19)$$

Adapun perubahan entropi pada sistem tidak terisolasi yaitu penjumlahan perubahan entropi sistem ΔS_s dan perubahan entropi lingkungan ΔS_{env} lebih besar dari atau sama dengan nol seperti yang direpresentasikan oleh Persamaan 2.20.

$$\Delta S = \Delta S_s + \Delta S_{env} \geq 0 \quad (2.20)$$

Keterangan:

ΔS : Perubahan entropi (J/K)

ΔS_s : Perubahan entropi sistem (J/K)

ΔS_{env} : Perubahan entropi lingkungan (J/K)

Maka, bunyi Hukum Kedua Termodinamika adalah: total entropi sistem dijumlahkan dengan

entropi lingkungannya meningkat karena proses alami (Giancoli, 2014).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Terdapat penelitian-penelitian berkaitan dengan pengembangan e-modul berbasis etnosains untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang telah dilakukan sebelumnya. Nurhayati, dkk. (2021) telah melakukan penelitian yang mengembangkan e-modul kimia dengan basis STEM berpendekatan etnosains. Hasil validasi ahli e-modul tersebut dalam kriteria sangat layak. Hasil respon siswa menunjukkan bahwasanya e-modul praktis digunakan dalam pembelajaran. Namun, hasil uji pada aspek pembelajaran tidak sebaik hasil uji pada aspek lainnya meskipun masih dalam kriteria layak. Penelitian ini akan menyusun e-modul yang mendukung alur pembelajaran sehingga siswa dapat belajar dengan efektif. Persamaan e-modul pada penelitian Nurhayati, dkk. (2021) dengan e-modul pada penelitian ini adalah muatan etnosains. Perbedaannya, penelitian tersebut hanya bertujuan membuat e-modul yang layak dan memuat etnosains tanpa batasan daerah tertentu, sedangkan penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan e-modul yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan bermuatan etnosains daerah Tegal.

Sari, dkk. (2022) mengembangkan e-modul dengan basis *blended learning* pada materi pesawat sederhana untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP. Produk tersebut telah memenuhi kriteria valid sebagai buku pendamping, namun tingkat ketertarikan siswa terhadap e-modul masih bisa lebih ditingkatkan. Penelitian ini akan menyusun modul yang memuat etnosains dengan tujuan siswa dapat lebih tertarik terhadap materi yang diajarkan. Persamaan penelitian Sari, dkk. (2022) dengan penelitian ini adalah bertujuan untuk menghasilkan e-modul yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Adapun perbedaannya yaitu elektronik modul pada penelitian tersebut tidak bermuatan etnosains dan mengangkat materi pesawat sederhana SMP, sedangkan e-modul pada penelitian ini bermuatan etnosains dan mengangkat materi hukum termodinamika SMA/MA kelas XI.

Masy & Lestarani (2022) telah melakukan penelitian yang mengembangkan e-modul pembelajaran kimia memanfaatkan software Flipbook HTML5 dengan materi termokimia berintegrasi etnosains kelas XI. E-modul tersebut sangat layak diterapkan sebagai bahan ajar, namun hasil validasi pada indikator kelayakan gambar tidak sebaik hasil uji pada aspek lainnya meskipun masih dalam kriteria layak. Penelitian ini menghasilkan modul dengan sajian gambar yang jelas dan nyata sehingga membuat siswa tertarik. Persamaan e-

modul pada penelitian Masy & Lestarani (2022) dengan e-modul pada penelitian ini adalah muatan etnosains. Perbedaannya penelitian tersebut hanya bertujuan menghasilkan e-modul yang layak, bermuatan etnosains tanpa batasan daerah tertentu, dan mengangkat materi termokimia, sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan e-modul yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, berfokus etnosains daerah Tegal dengan mengangkat materi termodinamika.

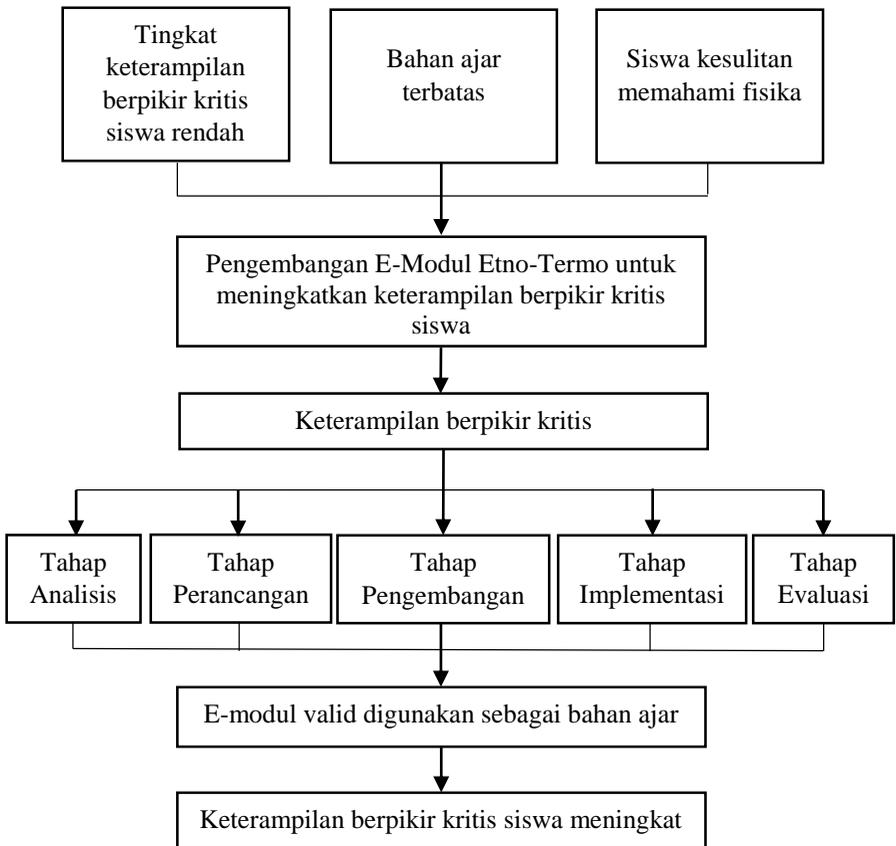
Latifah, dkk. (2020) telah melakukan penelitian tentang yang mengembangkan e-modul fisika dengan tujuan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil validasi elektronik modul tersebut berkategori cukup baik. Penggunaan e-modul tersebut terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis, namun penilaian pada aspek tampilan desain masih perlu ditingkatkan. Penelitian ini menghasilkan e-modul dengan tampilan desain yang bagus dan rapi. Persamaan e-modul penelitian ini dengan e-modul pada Penelitian Latifah, dkk. (2020) adalah bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Adapun perbedaannya adalah e-modul pada penelitian tersebut tidak bermuatan etnosains, sedangkan e-modul pada penelitian ini bermuatan etnosains.

Nikita, dkk. (2018) telah melakukan penelitian tentang yang mengembangkan e-modul fluida dinamis bertujuan

meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI. Validitas e-modul tersebut dinyatakan valid dan percentage of agreement siswa sangat positif. Keterampilan berpikir kritis siswa berhasil ditingkatkan oleh e-modul tersebut, namun terdapat kendala berupa beberapa siswa yang menemui kesulitan dalam menginstal PheT yang diperlukan untuk mengoperasikan e-modul tersebut. Penelitian ini akan membuat e-modul menggunakan Heyzine yang mudah dalam penggunaannya karena aksesnya berupa link yang dapat dibuka pada browser *smartphone*. Persamaan e-modul pada penelitian ini dengan penelitian Nikita, dkk. (2018) yaitu bertujuan meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Perbedaannya adalah e-modul tersebut tidak bermuatan etnosains dan mengangkat materi fluida dinamis, sedangkan e-modul pada penelitian ini bermuatan etnosains dan mengangkat materi hukum termodinamika.

C. Kerangka Berpikir

Berdasarkan analisis latar belakang, maka kerangka berpikir penelitian ini adalah seperti yang digambarkan oleh diagram alir pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Skema Kerangka Berpikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

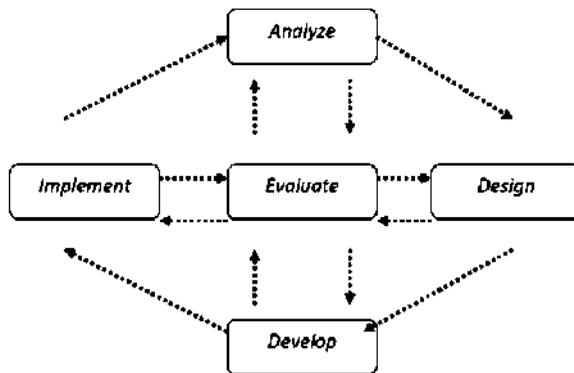
1. Jenis Penelitian

Penelitian ini mengacu pada metode R&D (*Research and Development*). Metode ini yaitu metode penelitian dengan tujuan menghasilkan produk yang melalui proses pengujian keefektifan. Jenis penelitian ini berfungsi untuk pengembangan dan pemvalidasian prosuk. Validasi produk adalah pengujian validitas produk yang telah ada sebelumnya. Adapun pengembangan produk adalah penciptaan produk yang belum pernah ada atau memperbaiki produk yang sudah ada. Fokus pada metode *Research and Development* adalah analisa awal hingga akhir, yaitu perencanaan, produksi, dan evaluasi. Kegiatan penelitian ini terdiri atas penelitian, perancangan, produksi, dan pengujian. Penciptaan produk baru dengan jenis penelitian ini mendayagunakan teknologi dan bahan baku yang efektif dan berkualitas (Sugiyono, 2019).

2. Model Pengembangan

Model pengembangan yang diterapkan pada penelitian ini adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model pengembangan ini dapat membantu perancang intruksional,

pengembang konten, dan pendidik dalam membuat desain pengajaran yang efektif dan efisien (Aldoobie, 2015). Model ADDIE dipilih karena sistematika pengembangannya sejalan dengan proses pemecahan permasalahan pembelajaran berkaitan dengan pengembangan sumber belajar. Tahapan model pengembangan ADDIE secara visual ditampilkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahap Pengembangan Model ADDIE
(Tegeh et al., 2014)

B. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan E-Modul Etno-Termo seperti direpresentasikan pada Gambar 3.1.

1. Tahap Analisis (*Analyze*)

Terdapat empat kegiatan analisis pada tahap ini yang meliputi: (a) analisis siswa; (b) analisis tujuan

instruksional; (c) pengembangan analisis instruksional; (d) pengembangan tujuan pembelajaran. Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan yang muncul selama pembelajaran yang biasa dilaksanakan. Selanjutnya, dilakukan wawancara dengan guru dan analisis kebutuhan peserta didik, terutama berkaitan dengan kebutuhan bahan ajar. Aspek terakhir yang dianalisis yaitu tujuan pembelajaran untuk menentukan indikator yang harus dicapai oleh siswa.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap desain mengacu pada perancangan instrumen penilaian, pemilihan bentuk desain produk, dan menyusun strategi pembelajaran (Aldoobie, 2015). Kegiatan perancangan yang dilakukan yaitu membuat rancangan komponen dan desain e-modul, serta instrumen yang akan digunakan dalam penelitian. Perancangan komponen disesuaikan dengan hasil analisis karakteristik dan kompetensi yang harus dicapai oleh siswa. Materi hukum termodinamika dengan muatan etnosains pada e-modul penelitian ini kemudian didesain sesuai dengan strategi pembelajaran yang dipilih. Langkah yang terakhir yaitu pembuatan instrumen validasi produk dan uji coba e-modul.

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Inti pada tahap pengembangan yaitu merealisasikan spesifikasi rancangan produk menjadi bentuk secara fisik. Produk kemudian dievaluasi sehingga dihasilkan prototype pengembangan produk. Tahap pengembangan merupakan tahap dimana sampel produk dibuat untuk selanjutnya dikembangkan dengan memperhatikan kritik dan saran dari validator (Aldoobie, 2015). Tahap ini diawali dengan mengimport materi dan desain e-modul ke Heyzine sehingga menjadi bentuk elektronik modul. E-modul kemudian melewati proses validasi dengan validator dua dosen ahli dan guru fisika untuk diuji kelayakannya. Penilaian dan komentar dari validator menjadi acuan revisi e-modul untuk menjadi media pembelajaran yang lebih layak.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Kegiatan pada tahap implementasi berupa penerapan produk dalam pembelajaran agar diketahui pengaruhnya terhadap kualitas pembelajaran (Tegeh et al., 2014). Pertama, dilakukan uji keterbacaan e-modul. Pengambilan respon siswa dilakukan dengan menggunakan angket. Aspek dalam angket meliputi materi, tampilan, muatan entosains, platfrom penyajian, dan manfaat e-modul. Hasil angket dijadikan bahan revisi e-modul sebelum uji coba selanjutnya. Kedua, dilakukan

implementasi melalui pembelajaran di kelas. Data diambil melalui pengerjaan *pre-test* dan *post-test* oleh siswa sebelum dan sesudah pembelajaran. Data hasil implementasi dianalisis untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sesudah menggunakan e-modul yang dikembangkan.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap paling akhir merupakan evaluasi setiap proses yang dilakukan saat pengembangan produk. Evaluasi produk dilakukan dengan menganalisis kualitas kelayakan produk berdasarkan hasil validasi ahli dan guru fisika (Tegeh et al., 2014).

C. Uji Coba Produk

1. Desain Uji Coba

a. Uji Keterbacaan E-modul

Tujuan dari uji keterbacaan e-modul yaitu sebagai identifikasi permasalahan secara garis besar pada penerapan produk dalam pembelajaran. Uji keterbacaan dilakukan saat tahap pengembangan (*development*). Uji keterbacaan e-modul memastikan tidak adanya permasalahan dasar yang menghambat penerapan e-modul. Siswa mengisi angket dan memberikan saran tentang produk e-modul yang dikembangkan.

b. Implementasi

Implementasi merupakan proses uji aplikasi produk dalam proses pembelajaran. Implementasi dilakukan pada tahap pengembangan (*development*). Uji coba ini mengambil sampel dengan teknik *puposive sampling* atau sampling bertujuan khusus. Desain penelitian yang diterapkan adalah *nonequivalent control group design*. Kelas eksperimen dan kelas kontrol dipilih dengan cara tidak acak dalam desain penelitian ini (Sugiyono, 2014). Gambaran desain pretes-postes kelompok non-ekuvaalen direpresentasikan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Desain Penelitian *Nonequivalent Control Group Design*

Kelompok	Pretes	Variabel Bebas	Postes
<i>E</i>	O_1	<i>X</i>	O_2
<i>C</i>	O_1	-	O_3

Keterangan:

E : Kelas eksperimen

C : Kelas kontrol

X : Perlakuan yang diberikan (implementasi E-modul Etno-Termo dalam pembelajaran)

O_1 : *Pre-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol

O_2 : *Post-test* kelas eksperimen

O_3 : *Post-test* kelas kontrol

Langka pertama desain penelitian ini yaitu dipilih dua kelas subjek yang perbedaannya tidak signifikan. Kedua, kedua kelas subjek diberikan *pre-test* untuk mengontrol kondisi awal. Ketiga, salah satu kelas diberikan perlakuan eksperimental (X) dan kelas lain dibiarkan tanpa perlakuan. Keempat, kedua kelas subjek diberikan postes menggunakan tes yang sama dengan *pre-test*. Kelima, perubahan skor *pre-test* dan *post-test* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dibandingkan (Hasnunidah, 2017).

2. Subjek Uji Coba

Subjek yang dilibatkan yaitu populasi siswa kelas XI MAN 2 Tegal tahun pelajaran 2022/2023. Sampel dalam uji keterbacaan E-modul yaitu sepuluh siswa kelas XI MAN 2 Tegal yang dipilih secara acak. Implementasi mengambil sampel dua kelas XI siswa MAN 2 Tegal berdasarkan teknik *purposive sampling*. Teknik ini merupakan teknik di mana sampel diambil berdasarkan pertimbangan tertentu. Pemilihan sampel dapat disesuaikan dengan kriteria yang telah ditentukan (Sugiyono, 2014). Kelas sampel yang dipilih memiliki kriteria berikut ini:

- a. Kelas dengan hasil belajar yang baik.
- b. Kelas yang aktif dalam mengikuti pembelajaran.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Penelitian ini menggunakan *pre-test* dan *post-test* untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah mengimplementasikan E-modul Etno-Termo. Tes ini diberikan kepada siswa pada implementasi. Soal tes berjumlah sepuluh soal berbentuk uraian yang meliputi indikator-indikator keterampilan berpikir kritis.

2. Angket

Angket yaitu seperangkat pernyataan atau pertanyaan tertulis berkaitan dengan topik untuk mendapatkan informasi dari responden. Pemberian angket kepada responden dapat secara langsung ataupun tidak langsung (Sugiyono, 2014). Angket-angket yang diperlukan pada proses penelitian ini yaitu angket validasi kelayakan e-modul dan angket uji keterbacaan e-modul.

b. Dokumentasi

Teknik ini dilakukan untuk memperoleh data yang berasal dari angket validasi, angket uji keterbacaan e-modul, *pre-test* dan *post-test*, serta komentar dari validator selama proses penelitian dan pengembangan.

E. Teknik Analisis Data

1. Analisis Instrumen

Instrumen tes keterampilan berpikir kritis melalui proses uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda terlebih dahulu sebelum digunakan dalam penelitian. Pengujian tersebut menerapkan pemodelan Rasch dengan menggunakan software Ministep.

a. Uji Validitas Rasch Model

Hasil uji validitas dalam Ministep ditampilkan pada tabel *Item Fit Order* dari menu *Output Table*. *Item fit* menjelaskan kualitas kesesuaian atau validitas butir soal. Soal yang tidak *fit* mengindikasikan terdapat kesalahpahaman siswa terhadap soal. Adapun kriteria validitas butir soal yaitu:

- 1) *Outfit Mean Square*: $0,5 < \text{MNSQ} < 1,5$
- 2) *Outfit Z-standar*: $-2,0 < \text{ZSTD} < +2,0$
- 3) *Point Measure Correlation*: $0,4 < \text{Pt Measure Corr} < 0,85$.

Jika nilai *Outfit Z-standar* (ZSTD) memenuhi, namun nilai *Outfit Mean Square* (MNSQ) dan *Point Measure Correlation* (Pt Measure Corr) tidak memenuhi, maka butir soal tetap valid (Sumintono & Widhiarso, 2015).

Hasil uji validitas butir soal tes keterampilan berpikir kritis ditampilkan oleh Tabel 3.2. Nilai *Outfit*

Mean Square merepresentasikan jumlah distorsi dalam sistem pengukuran. Adapun nilai *Outfit Z-standar* menunjukkan tingkat sesuai atau tidak sesuainya data terhadap model. Nilai *Point Pt Measure Corr* menunjukkan korelasi antara skor butir dan skor Rasch berdasarkan nilai logit.

Tabel 3.2 Hasil Uji Butir Soal Keterampilan Berpikir Kritis

Nomor Soal	<i>Outfit</i> MNSQ	<i>Outfit</i> ZSTD	Pt Measure Corr	Kategori
1	0,93	-0,03	0,57	Valid
2	0,81	-0,35	0,58	Valid
3	1,50	1,24	0,39	Valid
4	0,78	-0,50	0,57	Valid
5	0,58	-1,14	0,55	Valid
6	1,12	0,39	0,18	Valid
7	1,29	0,62	0,52	Valid
8	0,84	-0,28	0,21	Valid
9	0,72	-0,34	0,37	Valid
10	1,04	0,39	0,11	Valid

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa nilai MNSQ dan nilai ZSTD semua butir soal memenuhi kriteria. Nilai Pt Measure Corr soal nomor 3, 6, 8, 9, dan 10 tidak memenuhi kriteria. Namun, semua butir soal tetap dianggap valid dan dapat digunakan karena masih memenuhi kriteria nilai ZSTD.

b. Uji Reliabilitas Rasch Model

Hasil uji reliabilitas atau kekonsistenan secara keseluruhan direpresentasikan oleh nilai Cronbach Alpha. Hasil uji reliabilitas ditampilkan pada tabel *Summary Statistics* dari menu *Output Table*. Kategori uji reliabilitas berdasarkan nilai Cronbach Alpha ditampilkan oleh Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kategori Interpretasi Nilai Cronbach Alpha

Nilai Alpha Cronbach	Kategori
$x < 0,50$	Buruk
$0,50 \leq x < 0,60$	Jelek
$0,60 \leq x < 0,70$	Cukup
$0,70 \leq x \leq 0,80$	Bagus
$x > 0,80$	Bagus Sekali

Nilai *Item Reliability* dan *Person Reliability* ditampilkan oleh Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kategori Interpretasi Nilai Person Reliability dan Item Reliability

Nilai Person Reliability dan Item Reliability	Kategori
$x < 0,67$	Lemah
$0,67 \leq x < 0,80$	Cukup
$0,80 \leq x < 0,90$	Bagus
$0,91 \leq x \leq 0,94$	Bagus Sekali
$x > 0,94$	Istimewa

(Sumintono & Widhiarso, 2015)

Reliabilitas butir soal berdasarkan hasil jawaban siswa diukur oleh nilai *Item Reliability*. Reliabilitas jawaban siswa diukur oleh nilai *Person Reliability*. Uji reliabilitas instrumen tes keterampilan berpikir kritis menghasilkan data seperti yang ditampilkan oleh Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Uji Reliabilitas	Hasil	Kategori
Cornbach Alpha (KR-20)	0,83	Bagus Sekali
Person Reliability	0,36	Lemah
Item Reliability	0,69	Cukup

Tabel 3.5 menunjukkan bahwa secara keseluruhan, butir soal tes keterampilan berpikir kritis dapat dikatakan reliabel atau layak digunakan. Hal ini mengacu pada nilai Cornbach Alpha (KR-20) yang masuk dalam kategori bagus sekali.

c. Uji Daya Beda Rasch Model

Uji ini merupakan pengujian dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan instrumen dalam menggambarkan perbedaan siswa yang belum mencapai kompetensi dengan siswa yang telah mencapai kompetensi. Uji ini dilakukan dengan menginterpretasi Peta Wright. Peta Wright dapat ditampilkan pada tabel *Variable Maps* dari menu

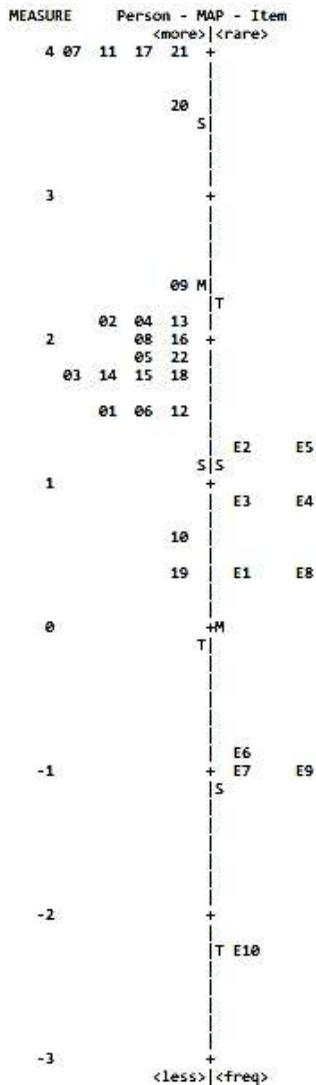
Output Table. Butir soal dengan nilai logit di luar dari jarak $+2SD$ hingga $-2SD$ disebut *outliner*.

Hasil uji daya beda butir soal instrumen tes keterampilan berpikir kritis ditunjukkan oleh Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hasil Uji Daya Beda Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Nomor Soal	Nilai Logit	Kategori
1	0,44 <i>logit</i>	Diterima
2	1,19 <i>logit</i>	Diterima
3	0,86 <i>logit</i>	Diterima
4	0,86 <i>logit</i>	Diterima
5	1,24 <i>logit</i>	Diterima
6	-0,83 <i>logit</i>	Diterima
7	-0,98 <i>logit</i>	Diterima
8	0,38 <i>logit</i>	Diterima
9	-0,95 <i>logit</i>	Diterima
10	-2,21 <i>logit</i>	Diterima

Tabel 3.6 menunjukkan bahwa semua butir soal memiliki nilai *logit* dalam kisaran $+2SD$ hingga $-2SD$ kecuali soal nomer 10. Namun, semua butir soal tetap diterima sebagai instrumen penelitian karena tidak melewati batas deviasi standar (T) sebagaimana direpresentasikan oleh Gambar 3.2 Peta Wright hasil uji.



Gambar 3.2 Peta Wright Uji Butir Soal
 Keterampilan Berpikir Kritis

d. Uji Tingkat Kesukaran Rasch Model

Hasil uji ini terdapat pada tabel *Item Measure* (tabel berisi rincian informasi logit tiap butir soal) dari menu *Output Table*. Nilai logit semakin tinggi, berarti tingkat kesukaran soal semakin tinggi. Terdapat empat kategori tingkat kesukaran berdasarkan nilai logit, yaitu: (a) lebih besar dari positif nilai deviasi standar berarti soal sangat sulit, (b) dari nilai rata-rata hingga positif nilai deviasi standar berarti soal sulit, (c) dari nilai rata-rata hingga negatif nilai deviasi standar berarti soal mudah, dan (d) lebih kecil dari negatif nilai deviasi standar berarti soal sangat mudah. Hal ini sebagaimana yang dipresentasikan oleh Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kategori Tingkat Kesukaran Butir Soal

Nilai Logit	Kategori
> +SD	Sangat Sulit
Rata-rata logit +SD	Sulit
Rata-rata logit -SD	Mudah
< -SD	Sangat Mudah

Pengujian ini menghasilkan rata-rata senilai 0,00 *logit* dengan deviasi standar senilai +1,10 SD, sehingga kategori tingkat kesukaran butir soal adalah sebagaimana yang direpresentasikan oleh Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Kategori Tingkat Kesukaran Butir Soal Penelitian

Nilai Logit	Kategori
> +1,10 SD	Sangat Sulit
0,00 logit +1,10 SD	Sulit
0,00 logit -1,10SD	Mudah
< -1,10SD	Sangat Mudah

Hasil dari uji tingkat kesukaran butir soal tes keterampilan berpikir kritis ditentukan berdasarkan ketentuan kategori Tabel 3.4 ditampilkan oleh Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Hasil Uji Tingkat Kesukaran Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Kategori	Nomor Soal
Sangat Sulit	5, 2
Sulit	3, 4, 1, 8
Mudah	6, 9, 7
Sangat Mudah	10

Tabel 3.9 merepresentasikan hasil yang menyatakan bahwa tes keterampilan berpikir kritis ini memiliki dua soal dalam kategori sangat sulit, satu soal dalam kategori sulit, tiga soal dalam kategori mudah, dan satu soal dalam kategori sangat mudah. Penentuan kategori tingkat kesukaran ini berdasarkan pada nilai logit butir soal yang ditampilkan oleh Tabel 3.8.

Secara matematis, analisis-analisis tersebut menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini:

$$P_{ni}(x_{ni} = 1|\beta_n, \delta_i) = \frac{e^{(\beta_n - \delta_i)}}{1 + e^{(\beta_n - \delta_i)}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$P_{ni}(x_{ni} = 1|\beta_n, \delta_i)$: Probabilitas responden n dalam butir I untuk menghasilkan jawaban betul ($x = 1$)

β_n : Kemampuan responden

δ_i : Tingkat kesulitan butir

Nilai logit ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini:

$$Logit = Log\left(\frac{P}{(N - P)}\right) \quad (3.2)$$

Keterangan:

P : Jumlah soal yang dikerjakan dengan betul

N : Jumlah total soal yang diberikan

(Sumintono & Widhiarso, 2015)

2. Analisis Kelayakan Produk

Data yang diperoleh dari angket validasi ahli, angket uji keterbacaan e-modul, dan tes keterampilan berpikir kritis merupakan data kuantitatif yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif sebagai berikut:

- a. Skor rata-rata pada tiap aspek ditentukan menggunakan Persamaan 3.3.

Keterangan:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.3)$$

\bar{X} : Skor rata-rata

$\sum X$: Jumlah skor

n : Banyaknya seluruh butir

Skor rata-rata secara keseluruhan kemudian ditentukan dengan berdasarkan Persamaan 3.3 (Sugiyono, 2007).

- b. Jarak interval ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.4.

$$\text{Jarak interval (v)} = \frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\sum \text{kelas interval}} \quad (3.4)$$

Klasifikasi penilaian validator dan respon kemudian dibuat berdasarkan jarak interval.

- c. Skor yang telah diklasifikasikan kemudian diubah menjadi dalam bentuk persentase dengan Persamaan 3.5.

$$x = \frac{\sum \text{skor rata - rata}}{\text{skor maksimal}} \times 100\% \quad (3.5)$$

Nilai persentase yang diperoleh menunjukkan tingkat kelayakan e-modul. Selanjutnya, nilai persentase tersebut dikategorikan berdasarkan kriteria persentase kelayakan e-modul. Terdapat empat kategori

kelayakan e-modul sebagaimana direpresentasikan oleh Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3.10 Kategori Persentase Kelayakan E-Modul

Presentase (%)	Kriteria Kelayakan
$75 < x \leq 100$	Sangat Baik
$50 < x \leq 75$	Baik
$25 < x \leq 50$	Cukup Baik
$0 < x \leq 25$	Kurang Baik

(Riduwan, 2008)

3. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

1) Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui populasi di mana sampel diambil memiliki distribusi data yang normal atau tidak normal (Sugiyono, 2007). Analisis yang diterapkan pada penelitian ini adalah Shapiro-Wilk memanfaatkan software SPSS. Berikut ini adalah hipotesis dalam uji normalitas data:

H_0 : Sampel dari populasi yang terdistribusi secara normal

H_1 : Sampel dari populasi yang terdistribusi secara tidak normal

Signifikansi senilai 0,05 akan menentukan hipotesis yang diterima dan ditolak. Nilai Sig. > 0,05 menunjukkan bahwa H_0 diterima, sedangkan nilai Sig. $\leq 0,05$ menunjukkan bahwa H_0 ditolak.

2) Uji Homogenitas

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah sampel bersumber dari populasi yang homogen atau tidak homogen. Program SPSS dimanfaatkan untuk melakukan uji homogenitas. Hipotesis pada uji homogenitas yaitu:

H_0 : Varians data homogen

H_1 : Varians data tidak homogen

Taraf signifikan senilai 0,05 akan menentukan hipotesis yang diterima. Nilai Sig. > 0,05 menunjukkan bahwa H_0 diterima, sedangkan nilai Sig. \leq 0,05 menunjukkan bahwa H_0 ditolak.

3) Uji Hipotesis

Hasil uji hipotesis akan memutuskan hipotesis dapat digeneralisasikan atau tidak (Sugiyono, 2017). Uji ini memanfaatkan software SPSS bertaraf signifikan senilai 0,05. Nilai Sig. > 0,05 menunjukkan bahwa H_0 diterima. Adapun nilai Sig. \leq 0,05 menunjukkan bahwa H_0 ditolak. Hipotesis pada uji ini adalah:

H_0 : Tidak terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan e-modul Etno-Termo

H_1 : Terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan e-modul Etno-Termo.

4) Uji N-Gain

Uji uji dilakukan untuk mengetahui besarnya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah memakai E-modul Etno-Termo dalam pembelajaran. Nilai N-Gain ditentukan menggunakan Persamaan 3.6.

$$N - Gain = \frac{(skor\ post-test) - (skor\ pre-test)}{(skor\ maksimum) - (skor\ pre-test)} \times 100\% \quad (3.6)$$

Hasil skor gain diklasifikasi menjadi tiga kelompok seperti yang ditampilkakan oleh Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Kategori Interpretasi Nilai Gain

Nilai Gain	Interpretasi
$g < 0,30$	Rendah
$0,30 \leq g \leq 0,70$	Sedang
$g > 0,70$	Tinggi

(Hake, 1999)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

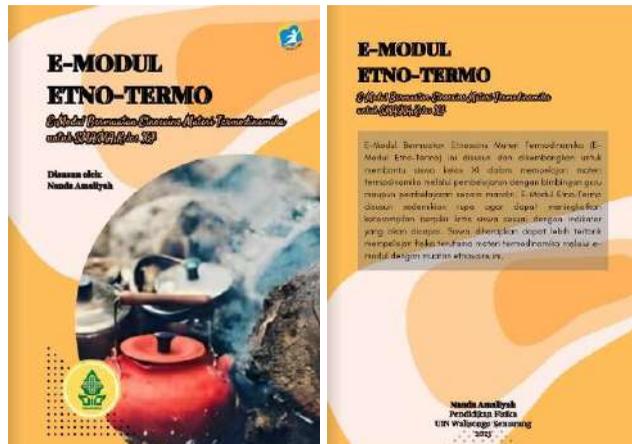
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah produk berupa e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Proses perancangan e-modul dilakukan dengan menggunakan aplikasi Canva dan Heyzine sehingga menjadi e-modul berbentuk flipbook. E-modul Etno-Termo ini diharapkan dapat menjadi alternatif bahan belajar yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Pengembangan produk dilakukan dengan menerapkan model pengembangan ADDIE yang tahapannya meliputi *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Tahap pertama dalam model pengembangan ini yaitu tahap analisis. Tahap analisis bertujuan untuk mengetahui permasalahan dalam pelaksanaan pembelajaran dan kebutuhan siswa berkaitan dengan bahan ajar.

Tahap kedua dalam proses pengembangan produk adalah tahap perancangan. Tujuan dari tahap ini yaitu untuk membuat suatu rancangan berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya. Komponen-komponen yang didesain pada tahap ini yaitu kompetensi dasar dan peta konsep, tujuan

pembelajaran dan uraian materi, rangkuman, penugasan, penilaian diri, evaluasi, dan kunci jawaban. Hasil desain pada pengembangan awal E-Modul Etno-Termo adalah sebagai berikut:

a. Sampul

Sampul meliputi sampul depan dan sampul belakang. Tampilan dari sampul depan dan sampul belakang E-Modul Etno Termo direpresentasikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Desain sampul Depan Dan Sampul Belakang

Sampul depan berisikan judul e-modul, keterangan tingkat sekolah dan kelas, nama penyusun, logo UIN Walisongo Semarang, gambar yang merepresentasikan materi, dan logo Kurikulum 2013. Adapun sampul

belakang berisikan judul e-modul, gambaran isi e-modul secara garis besar, dan nama penyusun.

b. Kata Pengantar

Kata pengantar memuat beberapa paragraf yang bertujuan untuk mengantarkan pembaca agar mengetahui tujuan disusunnya e-modul. Desain kata pengantar ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Desain Kata Pengantar

c. Daftar Isi

Bagian ini berisi daftar komponen e-modul beserta nomor halaman. Pengguna dapat menuju ke bagian e-modul yang diinginkan dengan cara meng-klik tombol nama bagian tersebut. Setiap halaman e-modul dilengkapi dengan tombol daftar isi sehingga pengguna dapat dengan mudah berpindah-pindah ke bagian e-modul lainnya. Susunan daftar isi direpresentasikan oleh Gambar 4.3.

Kompetensi dasar yang perlu dikuasai oleh siswa mengacu pada Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018. Peta konsep disusun guna memberikan gambaran kepada siswa mengenai tahapan materi yang perlu dipelajari. Petunjuk penggunaan berisi panduan sederhana cara penggunaan e-modul. Adapun konteks berisi narasi yang mengandung apersepsi dari materi dan fenomena dalam kehidupan nyata.

e. Kegiatan Belajar

Sebelum memasuki uraian materi, bagian awal dari kegiaitan belajar adalah sub judul dan tujuan pembelajaran seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.5. E-modul ini membagi materi termodinamika menjadi tiga sub judul sehingga terdapat tiga kegiatan belajar.



Gambar 4.5 Desain Kegiatan Belajar

Bagian tugas dan latihan soal berisi kegiatan pemecahan masalah yang disesuaikan dengan indikator keterampilan berpikir kritis. Siswa diharapkan mampu melatih keterampilan berpikir kritis selama proses pengerjaan tugas dan latihan soal tersebut. Jawaban siswa dikirim melalui Google Formulir secara langsung pada halaman tugas.

i. Penilaian Diri

Penilaian diri merupakan bagian dimana siswa melakukan penilaian terhadap dirinya sendiri. Penilaian ini bertujuan untuk memahami kemampuan dan kekurangan siswa dalam mempelajari materi. Desain penilaian diri ditampilkan oleh Gambar 4.9.



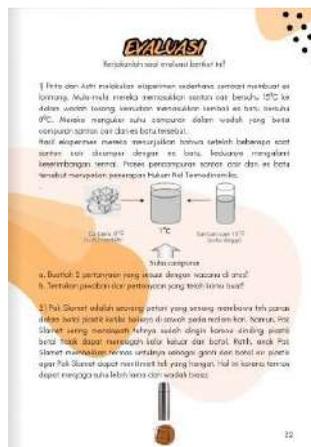
Gambar 4.9 Desain Penilaian Diri

Apabila merasa telah siap untuk mempelajari sub bab selanjutnya, siswa dapat menekan tombol “YA”.

Namun, apabila merasa masih ada yang perlu dipelajari ulang maka siswa dapat menekan tombol “TIDAK”. Tombol “YA” mengarahkan ke kegiatan belajar selanjutnya, sedangkan tombol “TIDAK” mengarahkan ke bagian awal kegiatan belajar.

j. Evaluasi

Evaluasi dalam e-modul ini digunakan untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Soal dalam evaluasi berbentuk soal uraian dengan jumlah sepuluh soal. Soal tersebut telah melalui proses validasi ahli dengan perolehan persentase rata-rata sebesar 96,15% (kategori sangat baik). Siswa mengumpulkan jawaban dalam bentuk file yang diunggah pada link Google formulir. Gambar 4.10 berikut ini merepresentasikan desain evaluasi dalam e-modul.



Gambar 4.10 Desain Evaluasi

k. Kunci Jawaban

Kunci jawaban berfungsi menginformasikan jawaban yang paling benar dari latihan soal pada e-modul. Siswa dapat mengoreksi dan mengetahui penyelesaian yang tepat dengan meninjau kunci jawaban. Tampilan kunci jawaban pada e-modul dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Desain Kunci Jawaban

l. Glosarium

Bagian ini memuat istilah-istilah ilmiah yang terdapat pada isi e-modul beserta definisinya. Adapun istilah-istilah yang dimuat diantaranya adalah isobarik, isothermal, isokhorik, adiabatik, energi, energi dalam, kapasitas kalor, dan termodinamika. Glosarium pada e-modul direpresentasikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Desain Glosarium

m. Daftar Pustaka

Daftar pustaka berisi daftar referensi yang menjadi sumber dalam mengutip publikasi ilmiah sebagaimana direpresentasikan oleh Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Desain Daftar Pustaka

B. Hasil Uji Coba Produk

Proses pengembangan E-modul Etno-Termo setelah perancangan adalah tahap pengembangan. Tahap ini dilakukan agar diketahui tingkat kelayakan dari e-modul. Kegiatan yang dilakukan selama proses tahap pengembangan terdiri dari validasi bahan ajar, validasi instrumen penelitian, dan uji keterbacaan e-modul. Tahapan berikutnya setelah pengembangan adalah tahap implementasi.

1. Validasi Bahan Ajar

Validasi bahan ajar e-modul diawali dengan validasi instrumen penelitian kepada dosen pembimbing. Hasil validasi dari dosen pembimbing mencakup catatan-catatan revisi. Instrumen validasi bahan ajar yang telah direvisi ditampilkan pada Lampiran 3. Kegiatan pada proses ini diawali dengan menyerahkan E-Modul Etno-Termo kepada tiga validator ahli beserta lembar validasi instrumen. Validator ahli terdiri dari dua dosen jurusan fisika UIN Walisongo Semarang yaitu Dr. Joko Budi Poernomo, M.Pd. sebagai validator pertama, Agus Sudarmanto, M.Si. sebagai validator kedua, dan guru fisika MA Negeri 2 Tegal yaitu Ika Rina Martini, M.Pd. sebagai validator ketiga. Hasil angket validasi bahan ajar E-Modul Etno-Termo dari ketiga validator direpresentasikan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Bahan Ajar E-Modul Etno-Termo

Aspek	Validator		
	1	2	3
Keterampilan Berpikir Kritis	19	18	20
Materi	30	32	32
Desain	22	22	22
Kebahasaan	14	15	16
Jumlah	85	87	90
Persentase (%)	88,50	90,75	93,75
Rata-rata Persentase (%)	91		
Kategori	Sangat Baik		

Hasil penilaian dari para validator terhadap E-modul Etno-Termo memperoleh persentase rata-rata sebesar 91,64. Apabila dikonversikan berdasarkan pada Tabel 3.10, e-modul termasuk dalam kategori sangat baik sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran.

Hasil penilaian validator pertama yaitu Joko Budi Poernomo, M.Pd. dapat disimpulkan bahwa kelayakan E-Modul Etno-Termo sangat baik, sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran tanpa revisi terlebih dahulu. Validator kedua yaitu Agus Sudarmanto, M.Si. memberikan komentar tentang kesalahan penulisan dan definisi istilah dalam uraian materi e-modul yaitu kesalahan penulisan persamaan kapasitas kalor pada volume tetap dan kapasitas

kalor gas diatomik, serta kesalahan definisi proses isobarik. Kesimpulan penilaian validator kedua dapat dinyatakan bahwa kelayakan E-Modul Etno-Termo ini baik, oleh karena itu dapat digunakan dalam pembelajaran tetapi harus melalui sedikit revisi terlebih dahulu.

Validator ketiga yaitu Ika Rina Martini, M.Pd. menyatakan bahwa E-Modul Etno-Termo sudah baik, menarik, dan bisa menambah keingintahuan siswa untuk mempelajarinya. E-modul ini menyajikan gambar dan latihan soal yang bisa langsung dikerjakan oleh siswa, serta sangat relevan dengan perkembangan era digital. Kesimpulan penilaian validator ketiga, kelayakan E-Modul Etno-Termo dalam kategori sangat baik sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran tanpa melalui revisi.

2. Validasi Instrumen Penelitian

Tujuan dari validasi instrumen adalah untuk mengetahui kevalidan dari instrumen penelitian yang akan digunakan. Kegiatan ini dilakukan dengan menyerahkan instrumen penelitian kepada tiga validator ahli agar memperoleh data penilaian. Validator ahli terdiri dari dua dosen jurusan fisika UIN Walisongo Semarang yaitu Dr. Joko Budi Poernomo, M.Pd. sebagai validator pertama, Agus Sudarmanto, M.Si. sebagai validator kedua, dan guru fisika MA Negeri 2 Tegal yaitu Ika Rina Martini, M.Pd.

sebagai validator ketiga. Validator melakukan validasi terhadap instrumen angket dan instrumen tes keterampilan berpikir kritis.

a. Uji Validitas Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Instrumen validitas tes keterampilan berpikir kritis ditampilkan pada Lampiran 15. Hasil validasi instrumen tes keterampilan berpikir kritis ditampilkan oleh Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Aspek	Validator		
	1	2	3
Isi	15	16	15
Konstruk	14	16	15
Bahasa	19	20	20
Jumlah	48	52	50
Persentase (%)	92,30	100	96,15
Rata-rata Persentase (%)	96,15		
Kategori	Sangat Baik		

Nilai rata-rata persentase yang didapatkan sebesar 96,15% atau termasuk kategori sangat baik. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa instrumen tes keterampilan berpikir kritis tersebut sangat baik digunakan dalam proses penelitian.

b. Uji Validitas Instrumen Angket

Instrumen validitas angket validasi bahan ajar dan angket respon siswa ditampilkan pada Lampiran 4 dan Lampiran 9. Hasil validasi instrumen angket validasi bahan ajar dan angket respon siswa ditunjukkan oleh Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar

Aspek	Validator		
	1	2	3
Lembar angket validasi bahan ajar meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan Kritis	4	4	4
Petunjuk penggunaan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	4	4	4
Pernyataan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	3	4	4
Bahasa yang digunakan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	3	4	4

Aspek	Validator		
	1	2	3
Lembar angket validasi bahan ajar memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai	4	4	4
Jumlah	18	20	20
Persentase (%)	90	100	100
Rata-rata Persentase (%)	96,67		
Kategori	Sangat Baik		

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Instrumen Angket Respon Siswa

Aspek	Validator		
	1	2	3
Lembar angket respon siswa meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan Kritis	4	4	4
Petunjuk penggunaan pada lembar angket respon siswa: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	4	4	4
Pernyataan pada lembar angket respon siswa: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	4	4	4

Aspek	Validator		
	1	2	3
Bahasa yang digunakan pada lembar angket respon siswa: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	3	4	4
Lembar angket respon siswa memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai	4	4	4
Jumlah	19	20	20
Persentase (%)	95	100	100
Rata-rata Persentase (%)	98,33		
Kategori	Sangat Baik		

Rata-rata persentase pada angket validasi bahan ajar didapatkan nilai sebesar 96,67%. Adapun rata-rata persentase pada angket respon siswa diperoleh nilai sebesar 98,33%. Keduanya hasil angket tersebut termasuk kategori sangat baik. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa instrumen angket validasi bahan ajar dan instrumen angket respon siswa sangat baik digunakan dalam penelitian pengembangan E-Modul Etno-Termo ini.

3. Uji Keterbacaan E-modul

E-modul Etno-Termo yang telah divalidasi kemudian diuji keterbacaannya pada sepuluh siswa kelas XI IPA MA Negeri 2 Tegal. Siswa membuka dan menguji

coba E-Modul Etno-Termo melalui *smartphone* masing-masing. Hasil penilaian siswa terhadap E-Modul Etno-Termo dituliskan pada instrumen angket respon siswa. Hasil angket respon siswa terhadap E-Modul Etno-Termo ditunjukkan oleh Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Penilaian Angket Respon Siswa

Aspek	Jumlah Skor (%)
Kemudahan	80,00
Tampilan	85,63
Isi	92,50
Efektivitas	85,83
Rata-rata Persentase	86,00
Kategori	Sangat Baik

Apabila nilai persentase keseluruhan dikonversikan pada Tabel 3.10, maka dapat dinyatakan bahwa E-Modul Etno-Termo sangat baik digunakan dalam pembelajaran.

4. Implementasi

Tahap implementasi melibatkan siswa kelas XI IPA 1 MA Negeri 2 Tegal sebagai kelas eksperimen dan XI IPA 2 MA Negeri 2 Tegal sebagai kelas kontrol. Tujuan dari implementasi yaitu untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa berdasarkan data hasil *pretest* dan *posttest*. Analisis data dari proses implementasi menggunakan data instrumen tes keterampilan berpikir kritis yang telah melalui proses validasi dan memenuhi

standar kelayakan. Penelitian ini melakukan dua tahap analisis data yang terdiri dari analisis data awal dan analisis data akhir.

a. Analisis Data Awal

Analisi ini merupakan proses analisis terhadap data hasil *pretest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol. Program SPSS dimanfaatkan dalam proses analisis data awal ini. Data tersebut akan melalui dua uji statistik yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas.

1) Uji Normalitas Data Awal

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data nilai *pretest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Penelitian ini menerapkan analisis *Shapiro-Wilk* pada uji normalitas ini. Data hasil uji normalitas ditunjukkan oleh Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Uji Normalitas Data Awal

Shapiro-Wilk	Eksperimen	Kontrol
	Posttest	Posttest
Sig.	0,005	0,014
Keterangan	Data tidak normal	Data tidak normal

Pengambilan keputusan pada uji ini adalah apabila nilai Sig. > 0,05 artinya data tersebut

berdistribusi normal, sedangkan apabila nilai Sig. $< 0,05$ artinya data tersebut berdistribusi tidak normal. Tabel di atas menunjukkan hasil signifikansi *pretest* kelas eksperimen senilai 0,005 dan kelas kontrol senilai 0,014. Kedua nilai signifikansi tersebut kurang dari 0,05 dan dinyatakan tidak memenuhi kriteria normalitas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data nilai *pretest* kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berdistribusi normal.

2) Uji Homogenitas Data Awal

Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui apakah data *pretest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol homogen atau tidak berdasarkan perbandingan nilai variansinya. Uji homogenitas penelitian ini menerapkan analisis *Levene*. Pengambilan keputusan pada uji ini yaitu apabila nilai Sig. $> 0,05$ artinya varians data homogen. Apabila nilai Sig. $< 0,05$ artinya varians data tidak homogen. Hasil analisis uji homogenitas ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Uji Homogenitas Data Awal

Levene Statistic	Sig.	Keterangan
1,78	0,19	Data homogen

Signifikansi *pretest* kedua kelas memperoleh nilai 0,19. Nilai tersebut lebih dari 0,05 atau memenuhi kriteria homogeitas. Berdsarkan hasil ini, dapat dinyatakan bahwa varians data nilai *preteset* kedua kelas bersifat homogen.

b. Analisis Data Akhir

Analisis data akhir merupakan analisis terhadap data hasil *pretest* kelas eksperimen dan kelas kontrol. Analisis ini menggunakan bantuan program SPSS. Data tersebut akan melalui empat uji statistik yaitu uji normalitas, uji homogenitas, uji hipotesis, dan uji N-Gain.

1) Uji Normalitas Data Akhir

Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui data nilai *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol bersumber dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Penelitian ini menerapkan analisis *Shapiro-Wilk* untuk uji normalitas. Keputusan pada uji ini diambil dengan ketentuan yaitu apabila nilai signifikansi $> 0,05$ berarti data tersebut distribusinya bersifat normal. Namun, apabila nilai signifikansi $< 0,05$ berarti data tersebut berdistribusi tidak normal. Perhitungan hasil uji normalitas ditampilkan oleh Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji Normalitas Data Akhir

Shapiro-Wilk	Eksperimen	Kontrol
	Posttest	Posttest
Sig.	0,003	0,015
Keterangan	Data tidak normal	Data tidak normal

Signifikansi *posttest* kelas eksperimen memperoleh nilai 0,003 dan kelas kontrol memperoleh nilai 0,015. Kedua nilai signifikansi tersebut kurang dari 0,05 sehingga tidak memenuhi kriteria normalitas. Hal tersebut menunjukkan bahwa data nilai *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berdistribusi normal.

2) Uji Homogenitas Data Akhir

Uji homogenitas merupakan analisis perbandingan nilai variansi untuk mengetahui data nilai *posttest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat homogen atau tidak. Penelitian ini menerapkan analisis *Levene* untuk uji homogenitas. Nilai signifikansi menjadi dasar pengambilan keputusan pada uji ini. Apabila signifikansi $> 0,05$ artinya variansi data homogen, sedangkan apabila nilai signifikansi $< 0,05$ artinya

varians data tidak homogen. Tabel 4.9 berikut ini menampilkan hasil uji homogenitas.

Tabel 4.9 Hasil Uji Homogenitas Data Akhir

Levene Statistic	Sig.	Keterangan
1,145	0,29	Data homogen

Signifikansi *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol pada uji ini senilai 0,29. Nilai signifikansi ini lebih dari 0,05 atau memenuhi kriteria homogenitas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa varians data nilai *posttest* kedua kelas bersifat homogen.

3) Uji Hipotesis

Uji ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan tingkat keterampilan berpikir kritis siswa berdasarkan data nilai *pretest* dan *posttest*. Uji hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis *Mann Whitney* karena data tidak berdistribusi normal. Pengambilan keputusan pada uji hipotesis ini yaitu apabila nilai Asymp. Sig. (2-tailed) $< 0,05$ artinya terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa antara sebelum dan sesudah menggunakan E-Modul Etno-Termo secara signifikan. Namun, apabila nilai Asymp. Sig. (2-tailed) $> 0,05$ artinya tidak terdapat peningkatan keterampilan berpikir

kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan E-Modul Etno-Termo secara signifikan. Tabel 4.10 berikut ini menampilkan hasil uji hipotesis.

Tabel 4.10 Hasil Uji Hipotesis

	Nilai	Keterangan
Mann-Whitney U	203	H_0 ditolak
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,001	

Nilai Asymp. Sig. (2-tailed) yang diperoleh senilai 0,001. Hasil ini lebih dari 0,05 sehingga H_0 ditolak. Berdasarkan hasil tersebut, dinyatakan bahwa terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan E-Modul Etno-Termo secara signifikan.

4) Uji N-Gain

Uji ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah melakukan pembelajaran dengan menerapkan E-Modul Etno-Termo. Hasil uji N-Gain ditunjukkan oleh Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji N-Gain

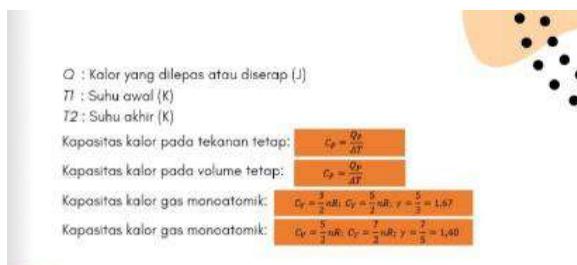
	N	Rata-rata	Keterangan
Ngain Score	25	0,77	Tinggi
Ngain Persen	25	76,57	

Hasil analisis uji N-Gain score menunjukkan rata-rata nilai N-Gain sebesar 0,77.

Nilai tersebut termasuk pada kategori tinggi karena lebih dari 0,70. Berdasarkan hasil ini, disimpulkan bahwa E-modul Etno-Termo dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam tingkatan yang tinggi.

C. Revisi Produk

Produk e-modul yang telah melalui validasi para dosen ahli dan guru fisika selanjutnya melalui proses revisi. E-modul direvisi berlandaskan pada komentar dan saran dari para validator. Tujuan dari revisi ini adalah untuk memperbaiki kekurangan e-modul sebelum digunakan dalam pembelajaran. Revisi produk yang pertama yaitu perbaikan terhadap kesalahan pada penulisan persamaan kapasitas kalor pada volume dan penamaan persamaan kapasitas kalor gas diatomik. Hasil revisi ini ditunjukkan oleh Gambar 4.14.



Sebelum

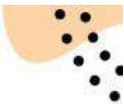
Q : Kalor yang dilepas atau diserap (J)
 T_1 : Suhu awal (K)
 T_2 : Suhu akhir (K)

Kapasitas kalor pada tekanan tetap: $C_p = \frac{Q_p}{\Delta T}$

Kapasitas kalor pada volume tetap: $C_v = \frac{Q_v}{\Delta T}$

Kapasitas kalor gas monoatomik: $C_p = \frac{5}{2}nR$; $C_v = \frac{3}{2}nR$; $\gamma = \frac{5}{3} = 1,67$

Kapasitas kalor gas diatomik: $C_p = \frac{7}{2}nR$; $C_v = \frac{5}{2}nR$; $\gamma = \frac{7}{5} = 1,40$



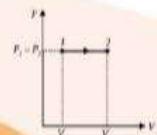
Sesudah

Gambar 4.14 Revisi Penulisan Persamaan

Revisi produk yang kedua yaitu perbaikan terhadap kekurangtepatan pada pendefinisian proses isobarik. Hasil revisi ini ditampilkan oleh Gambar 4.15.

D. Proses Isobarik ($\Delta P = 0$)

Proses isobarik yaitu proses di mana perubahan tekanan dijaga konstan, sebagaimana direpresentasikan oleh garis horizontal lurus pada diagram PV Gambar 8.

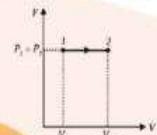


Gambar 8. Diagram PV Proses Isobarik

Sebelum

D. Proses Isobarik ($\Delta P = 0$)

Proses isobarik yaitu proses di mana tekanan dijaga konstan, sebagaimana direpresentasikan oleh garis horizontal lurus pada diagram PV Gambar 8.



Gambar 8. Diagram PV Proses Isobarik

Sesudah

Gambar 4.15 Revisi Definisi

D. Kajian Produk Akhir

Rancangan awal e-modul disusun pada tahap desain (*design*) menggunakan platform Canva. E-modul dibagikan melalui link platform Heyzine dengan tampilan seperti flipbook. Komponen yang disusun yaitu sampul, kata pengantar, daftar isi, pendahuluan, kegiatan belajar yang terdiri dari: 1) uraian materi, meliputi penjelasan materi, muatan etnosains dan video pembelajaran; 2) rangkuman; 3) penugasan dan latihan soal, 4) penilaian diri. E-modul dilengkapi juga dengan soal evaluasi yang bertujuan mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis, kunci jawaban, glosarium, dan daftar pustaka. Terdapat suatu kekurangan pada E-Modul Etno Termo yaitu memerlukan internet untuk mengaksesnya karena dibagikan dalam bentuk link Heyzine.

E-modul Etno-Termo memiliki titik kebaruan yaitu aksesnya yang mudah di mana siswa dapat mengisi jawaban tugas dan latihan soal secara langsung pada halaman e-modul. Lembar jawaban latihan soal dan tugas merupakan Google Formulir yang ditempel pada halaman e-modul sehingga siswa dapat mengisinya tanpa membuka tab baru. Selain itu, e-modul ini bermuatan etnosains yang berasal kebudayaan masyarakat setempat yaitu daerah Tegal. Oleh karena itu, siswa dapat membayangkan atau merasakan muatan tersebut secara langsung sehingga lebih tertarik dalam mempelajari materi fisika.

Muatan etnosains pada E-modul Etno-Termo berasal dari kearifan lokal berupa moci (kebiasaan minum teh poci), es lontrong, prepegan, pemandian air panas guci, dan olos. Pembahasan tentang etnosains tersaji dalam bentuk kolom Muatan Etnosains seperti pada Gambar 4.6 dan tersebar dalam tiga kegiatan belajar. Berikut ini penjelasan mengenai muatan etnosains yang terdapat pada E-Modul Etno-Termo. Tampilan muatan etnosains E-Modul Etno-Termo dapat dilihat pada Lampiran 23.

1. Latihan soal yang memuat moci (kebiasaan minum teh poci) berkaitan dengan sistem termodinamika bertujuan untuk meningkatkan keterampilan memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*).
2. Kegiatan mengamati yang memuat es lontrong berkaitan dengan hukum nol termodinamika bertujuan untuk meningkatkan keterampilan membangun keterampilan dasar (*basic support*).
3. Latihan soal yang memuat prepegan berkaitan dengan hukum pertama termodinamika bertujuan untuk meningkatkan keterampilan membangun keterampilan dasar (*basic support*).
4. Latihan soal yang memuat pemandian air panas guci berkaitan dengan hukum kedua termodinamika bertujuan untuk meningkatkan keterampilan memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*).

5. Latihan soal dan penugasan yang memuat olso berkaitan dengan hukum kedua termodinamika bertujuan untuk meningkatkan keterampilan keterampilan memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*) dan menyusun strategi dan taktik (*strategy and tactics*).

Tahap pengembangan (*development*), hasil angket validasi e-modul diperoleh rata-rata presentase sebesar 91% atau dalam kategori sangat baik. Dua validator menyimpulkan bahwa E-Modul Etno-Termo dapat digunakan tanpa revisi, adapun satu validator lainnya menyimpulkan bahwa E-Modul Etno-Termo dapat digunakan tetapi dengan sedikit revisi. Setelah validasi, dilakukan uji keterbacaan e-modul e-modul kepada sepuluh siswa kelas XI IPA MA Negeri 2 Tegal. Hasil angket respon siswa memperoleh persentase rata-rata sebesar 86% atau termasuk kategori sangat baik. Berdasarkan hasil uji keterbacaan e-modul, E-Modul Etno-Termo dapat dinyatakan sangat baik digunakan dalam pembejaran.

Hasil analisis *pretest* dan *posttest* diperoleh N-Gain senilai 0,77 atau termasuk kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa antara sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan E-Modul Etno-Termo. Pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) dinyatakan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Pernyataan ini selaras dengan hasil

penelitian Malik (2020) yang menyatakan bahwa e-modul hasil pengembangannya efektif untuk digunakan dalam pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Adapun penelitian Wulandari, dkk. (2023) menyatakan bahwa e-modul dengan basis etnosains dapat mendukung siswa untuk melakukan penelitian secara mandiri tentang kebudayaan masyarakat sekitar sehingga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

E. Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan penelitian pada pengembangan E-Modul Etno-Termo untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa disebabkan oleh terbatasnya waktu dan tenaga. Oleh karena itu, pengembangan E-Modul Etno-Termo terbatas hanya pada materi termodinamika pada jenjang sekolah menengah atas dan etnosains di daerah Tegal.

BAB V

KESIMPULAN

A. Simpulan

Hasil penelitian dan pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Rancangan E-Modul Etno-Termo didesain menggunakan platform Canva. E-modul ini dikembangkan dalam bentuk website flipbook platform Heyzine dan dibagikan dalam bentuk link. Komponen e-modul terdiri dari sampul, kata pengantar, daftar isi, pendahuluan, kegiatan belajar (meliputi uraian materi, rangkuman, tugas, latihan soal, dan penilaian diri), evaluasi, kunci jawaban, glosarium, dan daftar pustaka. Uraian materi meliputi penjelasan materi, muatan etnosains daerah Tegal, video pembelajaran yang bersumber dari youtube. Adapun latihan soal dan tugas disajikan dalam bentuk google formulir.
2. Hasil angket validasi e-modul diperoleh rata-rata persentase sebesar 91% dalam kategori sangat baik. Hasil angket respon siswa diperoleh rata-rata persentase sebesar 86% dalam kategori sangat baik. Berdasarkan hasil

tersebut, dinyatakan E-Modul Etno-Termo layak dan sangat baik digunakan dalam pembelajaran.

3. Hasil analisis *pretest* dan *posttest* menunjukkan bahwa terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa antara sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan E-Modul Etno-Termo. Skor N-Gain yang diperoleh sebesar 0,77 dengan kategori tinggi.

B. Saran Pemanfaatan Produk

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu produk E-Modul Etno-Termo dapat dikembangkan kembali pada materi dan elemen etnosains lainnya disertai dengan perbaikan terhadap kekurangan yang ada pada e-modul.

DAFTAR PUSTAKA

- Agama RI, K. (2019). *Al-Qur'an dan Terjemah*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Ahmadi, Y., Astuti, B., & Linuwih, S. (2019). Bahan Ajar IPA Berbasis Etnosains Tema Pemanasan Global untuk Peserta Didik SMP Kelas VII. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 8(1), 53–59.
- Aldoobie, N. (2015). ADDIE Model. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(6), 68–72.
- Al-Mahalli, J., & As-Suyuti, J. (2017). *Tafsir Jalalain Jilid 1*. (Abu Firly Bassam Taqiy, Terjemahan). Depok: Fathan.
- Al-Mahalli, J., & As-Suyuti, J. (2017). *Tafsir Jalalain Jilid 2*. (Abu Firly Bassam Taqiy, Terjemahan). Depok: Fathan.
- Atrinawati, R. A. (2019). Javanese Culture Maintenance by Keeping Traditional Javanese Food and Beverage Name in Tegal Regency Traditional Culinary Tourism. *Culturalistics: Journal of Cultural, Literary, and Linguistic Studies*, 3(2), 41–46. <https://doi.org/10.14710/culturalistics.v3i2.6651>
- Bakhri, S. (2018). Resiprositas dalam Sunat Poci dan Mantu Poci Masyarakat Tegal. *Jurnal Analisa Sosiologi*, 1(7), 94–109.
- Budiastuti, R. (2021). *Pengembangan E-Modul Materi Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan untuk Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas XI Melalui Model Discovery Based Unity Of Sciences (DBUS)* (Vol. 3,

- Issue April). Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Chusni, M. M., Amelia, A., Azizah, D. S., Zafira, K. F., & Agustina, R. D. (2018). Fenomena Entropi Dilihat dari Perspektif Sains dan Al-Qur'an. *SPEKTRA : Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 4(2), 105–113. <https://doi.org/10.32699/spektra.v4i2.51>
- Costa, A. L. (1985). Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking. In *Adolescence* (Vol. 37, Issue 145). Association for Supervision and Curriculum Development.
- Damayanti, C., Rusilowati, A., & Linuwih, S. (2017). Pengembangan Model Pembelajaran IPA Terintegrasi Etnosains untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Kreatif. *Journal of Innovative Science Education*, 6(1), 116–128. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>
- Dzimuna, R. I. F. (2020). *Perbedaan Literasi Lingkungan Hidup Masyarakat Adat Jalawastu dan Masyarakat Modern di Kota Tegal*. CNIB.
- Ennis, R. (1991). Critical Thinking: A Streamlined Conception. *Teaching Philosophy*, 14(1), 5–24.
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hadi, W. P., & Ahied, M. (2017). Kajian Etnosains Madura dalam Proses Produksi Garam sebagai Media Pembelajaran IPA Terpadu. *Jurnal Rekayasa*, 10(2), 79–86.

- Hadi, W. P., Sari, F. P., Sugiarto, A., Mawaddah, W., & Arifin, S. (2019). Terasi Madura: Kajian Etnosains dalam Pembelajaran Ipa untuk Menumbuhkan Nilai Kearifan Lokal dan Karakter Siswa. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 10(1), 45–55. <https://doi.org/10.20527/quantum.v10i1.5877>
- Hake, R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. Indiana: Indiana University.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Handayani, N. D., Astutik, S., & Lesmono, A. D. (2018). Identifikasi Miskonsepsi Siswa Menggunakan Four-Tier Diagnostic Test pada Materi Hukum Termodinamika di SMA Bondowoso. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 189–195.
- Haqiqi, L. N., Akhdinirwanto, R. W., & Maftukhin, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Modul Fisika Berbasis Software Sigil Berekstensi Epub untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(2), 125–133. <https://doi.org/10.32699/spektra.v6i2.146>
- Hasnunidah, N. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Media Akademi.
- Imansari, N., & Sunaryantiningsih, I. (2017). Pengaruh Penggunaan E-Modul Interaktif terhadap Hasil Belajar Mahasiswa pada Materi Kesehatan dan Keselamatan Kerja. *VOLT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 11–

16. <https://doi.org/10.30870/volt.v2i1.1478>
- Isma, F., Kusuma, M., & Fatkhurrohman, M. A. (2022). Implementasi Science Storytelling Berbasis Kearifan Lokal Pantai Muarareja untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta. *Jurnal Pendidikan MIPA Pancaskti*, 6(1), 45–52.
- Kantina, S., Suryanti, S., & Suprpto, N. (2022). Mengkaji Pembuatan Garam Gunung Krayan dalam Etnosains Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6763–6773. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3360>
- Kemendikbud. (2017). *Panduan Praktis Penyusunan E-Modul*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kurniawan, R., & Syafriani, S. (2021). Praktikalitas dan Efektivitas Penggunaan E-Modul Fisika SMA Berbasis Guided Inquiry Terintegrasi Etnosains untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 5(2), 135–141. <https://doi.org/10.24036/jep/vol5-iss2/572>
- Laili, I., Ganefri, & Usmeldi. (2019). Efektivitas Pengembangan E-Modul Project Based Learning pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 3(3), 306–315. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JIPP/article/download/21840/13513>
- Latifah, N., Ashari, & Kurniawan, E. S. (2020). Pengembangan E-Modul Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir

- Kritis Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 01(01), 1–7.
<http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/jips/article/view/570>
- Malik, A. S., Berbantuan, P. E., Software, S., & Analisis, D. (2021). Pengembangan E-Modul Berbantuan Sigil Software Dan Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Pasundan Journal of Mathematics Education (PJME)*, 11(1), 18–35.
<https://doi.org/10.5035/pjme.v11i1.3731>
- Masy, M., & Lestarani, D. (2022). Pengembangan E-Modul Pembelajaran Kimia Menggunakan Software Flipbook HTML5 pada Materi Termokimia Terintegrasi Etnosains Kelas XI SMA/MA. *Jurnal Beta Kimia*, 2(2), 49–56.
<http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jbk>
- Nafiah, Y. N., & Suyanto, W. (2014). Penerapan Model Problem-Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 4(1), 125–143. <https://doi.org/10.33369/diklabio.1.1.45-53>
- Najuah, Lukitoyo, P. S., & Wirianti, W. (2020). Modul Elektronik: Prosedur Penyusunan dan Aplikasinya. In *Yayasan Kita Menulis*. Yayasan Kita Menulis.
- Nikita, P. M., Leksmono, A. D., & Harijanto, A. (2018). Pengembangan E-Modul Materi Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas XI. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 175–180.
- Novitasari, L., Agustina, P. A., Sukesti, R., Nazri, M. F., &

- Handhika, J. (2017). Fisika, Etnosains, dan Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Sains. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika III 2017*, 81–88.
- Nurhayati, E., Andayani, Y., & Hakim, A. (2021). Pengembangan E-Modul Kimia Berbasis STEM dengan Pendekatan Etnosains. *Chemistry Education Practice*, 4(2), 106–112. <https://doi.org/10.29303/cep.v4i2.2768>
- Pertiwi, U. D., & Firdausi, U. Y. R. (2019). Upaya Meningkatkan Literasi Sains Melalui Pembelajaran Berbasis Etnosains. *Indonesian Journal of Natural Science Education (IJNSE)*, 02(01), 120–124.
- Pramana, M. W. A., Jampel, I. N., & Pudjawan, K. (2020). Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Melalui E-Modul Berbasis Problem Based Learning. *Jurnal Edutech Undiksha*, 8(2), 17–32. <https://doi.org/10.23887/jeu.v8i2.28921>
- Rahayu, W. E., & Sudarmin. (2015). Pengembangan Modul IPA Terpadu Berbasis Etnosains Tema Energi dalam Kehidupan untuk Menanamkan Jiwa Konservasi Siswa. *Unnes Science Education Journal*, 4(2), 919–926. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/usej>
- Resya, K. N. P., & Nurnoviyati, I. (2022). Eksplorasi Etnomatematika Pada Makan Khas Tegal Sebagai Sumber Literasi dan Sumber Belajar Matematika. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(7), 310–317. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6579079>

- Riduwan. (2008). *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Rohmadi, S. H. (2018). Pengembangan Berpikir Kritis (Critical Thinking) dalam Al-Quran: Perspektif Psikologi Pendidikan. *Jurnal Psikologi Islam*, 5(1), 27–36.
- Sarah, S. (2019). Pemetaan Potensi Lokal Kabupaten Wonosobo untuk Pembelajaran Fisika Sekolah Menengah Atas (SMA). *EDUSAINS*, 11(1), 121–131. <https://doi.org/10.15408/es.v11i1.9073>
- Sasmito, G. W., & Hadiansah, F. (2015). Implementasi Location Based Service Rute Objek Wisata Tegal. *JURNAL INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektronika*, 7(2), 107–112. <https://doi.org/10.20895/infotel.v7i2.37>
- Serway, R. A., & Jewett, J. J. (2010). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Siswono, T. Y. E. (2016). Berpikir Kritis dan Berpikir Kreatif sebagai Fokus Pembelajaran Matematika. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika (Senatik 1)*, 11–26.
- Subagja, A. D., & Kusnadi, I. H. (2019). Pengaruh Kualitas Jasa Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada Wisata Pemandian Air Panas Ciater Spa Resort. *The World of Business Administration Journal*, 1(1), 1–19. <https://doi.org/10.37950/wbaj.vi.744>
- Sugihartini, N., & Jayanta, N. L. (2017). Pengembangan E-Modul Mata Kuliah Strategi Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*

- Teknologi Dan Kejuruan*, 14(2), 221–230.
<https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v14i2.11830>
- Sugiyono. (2007). *Statistik untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi Model Rasch pada Assesment Pendidikan*. Cimahi: Trim Komunikata.
- Susilawati, E., Agustinasari, A., Samsudin, A., & Siahaan, P. (2020). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 11–16.
<https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1453>
- Tegeh, M., Jampel, I. N, & Pudjawan, K. (2014). *Metode Penelitian Pengembangan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syifa, N. F. (2021). Upaya Meningkatkan Pemahaman Kearifan Lokal “Prepegan” di Kota Tegal Melalui Layanan Bimbingan Kelompok. *Prosiding Seminar Nasional Bimbingan Dan Konseling Universitas Negeri Malang*, 0(0), 55–63.
<http://conference.um.ac.id/index.php/bk/article/view/2223>
- Tipler, P. A. (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1* (S. S. Joko Sutrisno (Ed.)). Jakarta: Erlangga.
- Widyastuti, T. A., Naufalina, F. E., & Supriadi, O. A. (2020). Perancangan Kampanye Tradisi Moci Khas Tegal. *E-Proceeding of Art & Design*, 7(2), 1793–1798.

Wulandari, S. I., Pamelasari, S. D., & Hardianti, R. D. (2023).
Penggunaan E-Modul Berbasis Etnosains Materi Zat dan
Perubahannya dalam Usaha Meningkatkan Kemampuan
Berpikir Kritis Siswa SMP. *Seminar Nasional IPA XIII*, 103–
113.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Hasil Wawancara

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apa kurikulum yang diterapkan di MA Negeri 2 Tegal?	Kurikulum 2013 revisi
2.	Bagaimana proses pembelajaran di kelas?	Pembelajaran menggunakan metode konvensional
3.	Apakah ada fasilitas belajar seperti laboratorium, proyektor, LCD, dan speaker?	Ada, tetapi belum memenuhi kebutuhan siswa
4.	Apakah siswa aktif dalam mengikuti pembelajaran fisika di kelas?	Kurang aktif, cenderung selalu siswa yang sama yang aktif
5.	Bagaimana tanggapan siswa tentang mata pelajaran fisika?	Sebagian besar siswa menganggap sulit dan kurang menarik
6.	Apakah pernah dilakukan penelitian tentang keterampilan berpikir kritis siswa di MA Negeri 2 Tegal?	Belum pernah
7.	Apakah bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran fisika kelas XI dikembangkan sendiri atau dari pemerintah?	Bahan ajar dari pemerintah
8.	Apa bahan ajar yang digunakan pada pembelajaran fisika kelas XI?	Buku cetak terbitan Erlangga
9.	Apakah setiap siswa mendapatkan buku pegangan?	Tidak, buku tersebut dipinjam dari perpustakaan saat jam pelajaran fisika
10.	Apakah jumlah buku memenuhi kebutuhan siswa?	Belum memenuhi
11.	Apakah ada siswa buku pegangan siswa lainnya?	Ada, LKS
12.	Apakah perlu dilakukan pengembangan bahan ajar interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?	Ya, perlu

Lampiran 2 Kisi-kisi Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1.	Berpikir Kritis	Klarifikasi dasar (<i>elementary clarification</i>)	1
		Dasar dalam mengambil keputusan (<i>the basic for the decisional basic support</i>)	2
		Inferensi (<i>inference</i>)	3
		Klarifikasi lanjut (<i>advanced clarification</i>)	4
		Strategi dan taktik (<i>straregies and tactics</i>)	5
2.	Materi	Kelayakan isi	6, 7, 8
		Kelayakan penyajian	9, 10, 11
		Penyajian kontekstual	12, 13
3.	Desain	Efek media terhadap strategi pembelajaran	14, 15, 16
		Tampilan menyeluruh	17, 18, 19
4.	Bahasa	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan siswa	20
		Ketepatan kaidah bahasa	21
		Ketepatan penggunaan istilah	22
		Keterbacaan pesan	23

Lampiran 3 Lembar Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar

LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN
ETNOSAINS MATERI HUKUM TERMODINAMIKA (E-
MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Nama Penilai :

Jabatan :

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang telah dikembangkan.
2. Penilaian validasi ini terdapat empat aspek:
 - a. Keterampilan berpikir kritis
 - b. Materi
 - c. Desain
 - d. Bahasa
3. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap bahan ajar E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan

keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.

4. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

A. Aspek Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
A. Klarifikasi Dasar (<i>Elementary Clarification</i>)					
1.	Bahan ajar mampu menarik siswa untuk menjawab pertanyaan dengan baik (pertanyaan dalam hal ini adalah soal-soal dan contoh kasus dalam bahan ajar)				
B. Dasar dalam Mengambil Keputusan (<i>The Basic for the Decisional Basic Support</i>)					
2.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk memberikan sebuah argumen yang memperkuat jawaban siswa				
C. Inferensi (<i>Inference</i>)					
3.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk membuat kesimpulan dengan tepat				
D. Klarifikasi Lanjut (<i>Advanced Clarification</i>)					

4.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengidentifikasi asumsi yang diperlukan dalam rekonstruksi argumen				
E. Strategi dan Taktik (<i>Straregies and Tactics</i>)					
5.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengatur strategi dan taktik dalam menyelesaikan sebuah permasalahan				

B. Aspek Materi

F. Kelayakan Isi					
6.	Relevansi tujuan pembelajaran dalam bahan ajar dengan KI dan KD				
7.	Kelengkapan materi bahan ajar ditinjau dari KI dan KD				
8.	Keakuratan konsep dalam bahan ajar sehingga tidak menimbulkan pemahaman yang menyimpang				
G. Kelayakan Penyajian					
9.	Penyajian materi dalam bahan ajar dilakukan secara sistematis				
10.	Ketersediaan gambar dan video animasi dalam bahan ajar yang sesuai dengan materi				
11.	Ketersediaan rangkuman materi, latihan soal dan kunci jawaban dalam bahan bahan ajar				
H. Penyajian Kontekstual					

12.	Keterkaitan materi yang tersaji dalam bahan ajar dengan situasi dunia nyata				
13.	Penyajian bahan ajar mampu mendorong siswa untuk menerapkan pengetahuan yang dimiliki dalam kehidupan sehari-hari				

C. Aspek Desain

I. Efek Bahan ajar terhadap Strategi Pembelajaran					
14.	Keinteraktifan bahan ajar yang mampu melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran				
15.	Bahan ajar mudah digunakan dalam pembelajaran di dalam kelas maupun di luar kelas				
16.	Bahan ajar mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa				
J. Desain Tampilan					
17.	Desain dan perpadauan warna dalam tampilan bahan ajar sudah sesuai sehingga menarik minat pembaca				
18.	Jenis dan ukuran huruf yang digunakan dalam bahan ajar sudah tepat sehingga mudah terbaca				
19.	Bahan ajar mudah dioperasikan dan tidak memerlukan spesifikasi komputer atau <i>smartphone</i> yang terlalu tinggi				

D. Aspek Kebahasaan

K. Kesesuaian dengan Tingkat Perkembangan Siswa					
20.	Kesesuaian bahan ajar dengan tingkat perkembangan intelektual siswa				
L. Ketepatan Kaidah Bahasa					
21.	Tata kalimat dalam bahan ajar sudah mengacu pada kaidah tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				
M. Ketepatan Penggunaan Istilah					
22.	Penggunaan istilah yang konsisten antar bagian dalam bahan ajar				
N. Keterbacaan Pesan					
23.	Kalimat yang digunakan dalam bahan ajar mewakili isi pesan yang ingin disampaikan				

Komentar dan Saran

--

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-modul Etno-Termo) ini:

1. Kurang baik, sehingga belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi.
2. Cukup baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan banyak revisi.
3. Baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan sedikit revisi.
4. Sangat baik, sehingga dapat digunakan tanpa revisi.

Semarang,

Validator,

(.....)

NIP.

Lampiran 4 Validitas Instrumen Angket Validasi Bahan Ajar

**PENILAIAN LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Penilai : *Dr. Joko Buis Permomo, M.Pd*
 Jabatan : *Dosen Pnd. Fisika UIN Walisongo Semarang*

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
2. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
3. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Aspek Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
1.	Lembar angket validasi bahan ajar meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan				✓
2.	Petunjuk penggunaan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
3.	Pernyataan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah			✓	

	dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
4.	Bahasa yang digunakan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar			✓	
5.	Lembar angket validasi bahan ajar memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai				✓

Komentar dan Saran

fokus pada capaian pembelajaran, selain dg proses pembelajaran.

Kesimpulan Penilaian

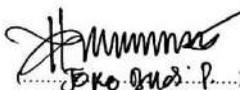
Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa ini:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
- ③ 3. Layak digunakan tanpa revisi

Semarang, 08-08-2023

Validator,


(Eko Budip)

NIP. 19700242008011011

RUBRIK PENILAIAN INSTRUMEN LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR

No.	Aspek Penilaian	Skor	Kriteria
1.	Lembar angket validasi bahan ajar meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
2.	Petunjuk penggunaan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
3.	Pernyataan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
4.	Bahasa yang digunakan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
5.	Lembar angket validasi bahan ajar memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi

**PENILAIAN LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Penilai : Agus Sudarmanto, M.Si

Jabatan : Dosen

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
2. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
3. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Aspek Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
1.	Lembar angket validasi bahan ajar meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan				✓
2.	Petunjuk penggunaan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
3.	Pernyataan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah				✓

	dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				
4.	Bahasa yang digunakan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
5.	Lembar angket validasi bahan ajar memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai				✓

Komentar dan Saran

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa ini:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
- ③ 3. Layak digunakan tanpa revisi

Semarang, 8 - 8 - 2023

Validator,



(Agus Sedar Manto, NPL 6)

NIP.

RUBRIK PENILAIAN INSTRUMEN LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR

No.	Aspek Penilaian	Skor	Kriteria
1.	Lembar angket validasi bahan ajar meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
2.	Petunjuk penggunaan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
3.	Pernyataan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
4.	Bahasa yang digunakan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi
5.	Lembar angket validasi bahan ajar memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai	1	Jika terpenuhi tiga komponen
		2	Jika terpenuhi dua komponen
		3	Jika terpenuhi satu komponen
		4	Jika tidak ada kompoen yang terpenuhi

PENILAIAN LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR

Pertanyaan Jawaban **1** Setelan

NAMA *

Ike Rina Martini

JABATAN *

Guru

Lembar angket validasi bahan ajar meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan *

1

2

3

4

Petunjuk penggunaan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar *

1

2

3

4

Pernyataan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar *

1

2

3

4

Bahasa yang digunakan pada lembar angket validasi bahan ajar: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar *

- 1
- 2
- 3
- 4

Lembar angket validasi bahan ajar memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai *

- 1
- 2
- 3
- 4

KOMENTAR DAN SARAN

Sudah bagus dan menarik sehingga siswa lebih tertarik dalam belajar fisika

KESIMPULAN PENILAIAN

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu. Lembar validasi bahan ajar pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa ini:

- Tidak layak digunakan
- Layak digunakan dengan revisi
- Layak digunakan tanpa revisi

Lampiran 5 Hasil Angket Validasi Bahan Ajar

LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Nama Penilai : *Dr. Joko Budi Boernomo, M.Pd*
 Jabatan : *Dosen P. Fisika*

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang telah dikembangkan.
2. Penilaian validasi ini terdapat empat aspek:
 - a. Keterampilan berpikir kritis
 - b. Materi
 - c. Desain
 - d. Bahasa
3. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap bahan ajar E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (√) pada kolom penilaian yang tersedia.
4. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian**A. Aspek Keterampilan Berpikir Kritis**

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
A. Klarifikasi Dasar (<i>Elementary Clarification</i>)					
1.	Bahan ajar mampu menarik siswa untuk menjawab pertanyaan dengan baik (pertanyaan dalam hal ini adalah soal-soal dan contoh kasus dalam bahan ajar)				✓

B. Dasar dalam Mengambil Keputusan (<i>The Basic for the Decisional Basic Support</i>)				
2.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk memberikan sebuah argumen yang memperkuat jawaban siswa			✓
C. Inferensi (<i>Inference</i>)				
3.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk membuat kesimpulan dengan tepat		✓	
D. Klarifikasi Lanjut (<i>Advanced Clarification</i>)				
4.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengidentifikasi asumsi yang diperlukan dalam rekonstruksi argumen			✓
E. Strategi dan Taktik (<i>Strategies and Tactics</i>)				
5.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengatur strategi dan taktik dalam menyelesaikan sebuah permasalahan			✓

B. Aspek Materi

F. Kelayakan Isi				
6.	Relevansi tujuan pembelajaran dalam bahan ajar dengan KI dan KD			✓
7.	Kelengkapan materi bahan ajar ditinjau dari KI dan KD			✓
8.	Keakuratan konsep dalam bahan ajar sehingga tidak menimbulkan pemahaman yang menyimpang		✓	
G. Kelayakan Penyajian				
9.	Penyajian materi dalam bahan ajar dilakukan secara sistematis			✓
10.	Ketersediaan gambar dan video animasi dalam bahan ajar yang sesuai dengan materi			✓
11.	Ketersediaan rangkuman materi, latihan soal dan kunci jawaban dalam bahan ajar		✓	
H. Penyajian Kontekstual				
12.	Keterkaitan materi yang tersaji dalam bahan ajar dengan situasi dunia nyata			✓
13.	Penyajian bahan ajar mampu mendorong siswa untuk menerapkan pengetahuan yang dimiliki dalam kehidupan sehari-hari			✓

C. Aspek Desain

I. Efek Bahan ajar terhadap Strategi Pembelajaran				
14.	Keinteraktifan bahan ajar yang mampu melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran			✓
15.	Bahan ajar mudah digunakan dalam pembelajaran di dalam kelas maupun di luar kelas		✓	
16.	Bahan ajar mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa			✓
J. Desain Tampilan				
17.	Desain dan perpaduan warna dalam tampilan bahan ajar sudah sesuai sehingga menarik minat pembaca			✓
18.	Jenis dan ukuran huruf yang digunakan dalam bahan ajar sudah tepat sehingga mudah terbaca			✓
19.	Bahan ajar mudah dioperasikan dan tidak memerlukan spesifikasi komputer atau <i>smartphone</i> yang terlalu tinggi		✓	

D. Aspek Kebahasaan

K. Kesesuaian dengan Tingkat Perkembangan Siswa				
20.	Kesesuaian bahan ajar dengan tingkat perkembangan intelektual siswa		✓	
L. Ketepatan Kaidah Bahasa				
21.	Tata kalimat dalam bahan ajar sudah mengacu pada kaidah tata bahasa Indonesia yang baik dan benar		✓	
M. Ketepatan Penggunaan Istilah				
22.	Penggunaan istilah yang konsisten antar bagian dalam bahan ajar			✓
N. Keterbacaan Pesan				
23.	Kalimat yang digunakan dalam bahan ajar mewakili isi pesan yang ingin disampaikan			✓

Komentar dan Saran**Kesimpulan Penilaian**

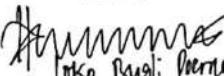
Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-modul Etno-Termo) ini:

1. Kurang baik, sehingga belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi.
2. Cukup baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan banyak revisi.
3. Baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan sedikit revisi.
4. Sangat baik, sehingga dapat digunakan tanpa revisi.

Semarang, 08-08-2023

Validator,


(.....)
NIP. 19702242002011011

LEMBAR VALIDASI BAHAN AJAR
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Nama Penilai : Agus Sedar Munto, M. Si

Jabatan : Dosen

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang telah dikembangkan.
2. Penilaian validasi ini terdapat empat aspek:
 - a. Keterampilan berpikir kritis
 - b. Materi
 - c. Desain
 - d. Bahasa
3. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap bahan ajar E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
4. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

A. Aspek Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
A. Klarifikasi Dasar (<i>Elementary Clarification</i>)					
1.	Bahan ajar mampu menarik siswa untuk menjawab pertanyaan dengan baik (pertanyaan dalam hal ini adalah soal-soal dan contoh kasus dalam bahan ajar)				✓

B. Dasar dalam Mengambil Keputusan (<i>The Basic for the Decisional Basic Support</i>)				
2.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk memberikan sebuah argumen yang memperkuat jawaban siswa			✓
C. Inferensi (<i>Inference</i>)				
3.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk membuat kesimpulan dengan tepat			✓
D. Klarifikasi Lanjut (<i>Advanced Clarification</i>)				
4.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengidentifikasi asumsi yang diperlukan dalam rekonstruksi argumen		✓	
E. Strategi dan Taktik (<i>Straregies and Tactics</i>)				
5.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengatur strategi dan taktik dalam menyelesaikan sebuah permasalahan		✓	

B. Aspek Materi

F. Kelayakan Isi				
6.	Relevansi tujuan pembelajaran dalam bahan ajar dengan KI dan KD			✓
7.	Kelengkapan materi bahan ajar ditinjau dari KI dan KD			✓
8.	Keakuratan konsep dalam bahan ajar sehingga tidak menimbulkan pemahaman yang menyimpang			✓
G. Kelayakan Penyajian				
9.	Penyajian materi dalam bahan ajar dilakukan secara sistematis			✓
10.	Ketersediaan gambar dan video animasi dalam bahan ajar yang sesuai dengan materi			✓
11.	Ketersediaan rangkuman materi, latihan soal dan kunci jawaban dalam bahan bahan ajar			✓
H. Penyajian Kontekstual				
12.	Keterkaitan materi yang tersaji dalam bahan ajar dengan situasi dunia nyata			✓
13.	Penyajian bahan ajar mampu mendorong siswa untuk menerapkan pengetahuan yang dimiliki dalam kehidupan sehari-hari			✓

C. Aspek Desain

I. Efek Bahan ajar terhadap Strategi Pembelajaran				
14.	Keinteraktifan bahan ajar yang mampu melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran			✓
15.	Bahan ajar mudah digunakan dalam pembelajaran di dalam kelas maupun di luar kelas			✓
16.	Bahan ajar mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa			✓
J. Desain Tampilan				
17.	Desain dan perpadauan warna dalam tampilan bahan ajar sudah sesuai sehingga menarik minat pembaca			✓
18.	Jenis dan ukuran huruf yang digunakan dalam bahan ajar sudah tepat sehingga mudah terbaca			✓
19.	Bahan ajar mudah dioperasikan dan tidak memerlukan spesifikasi komputer atau <i>smartphone</i> yang terlalu tinggi			✓

D. Aspek Kebahasaan

K. Kesesuaian dengan Tingkat Perkembangan Siswa				
20.	Kesesuaian bahan ajar dengan tingkat perkembangan intelektual siswa			✓
L. Ketepatan Kaidah Bahasa				
21.	Tata kalimat dalam bahan ajar sudah mengacu pada kaidah tata bahasa Indonesia yang baik dan benar			✓
M. Ketepatan Penggunaan Istilah				
22.	Penggunaan istilah yang konsisten antar bagian dalam bahan ajar			✓
N. Keterbacaan Pesan				
23.	Kalimat yang digunakan dalam bahan ajar mewakili isi pesan yang ingin disampaikan			✓

Komentar dan Saran

--

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-modul Etno-Termo) ini:

1. Kurang baik, sehingga belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi.
2. Cukup baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan banyak revisi.
3. Baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan sedikit revisi.
4. Sangat baik, sehingga dapat digunakan tanpa revisi.

Semarang, 8-8-2023.....

Validator,

Agus Rudoman, M.S.

NIP.

LEMBAR PENILAIAN VALIDASI BAHAN AJAR
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Nama Penilai : Ika Rina Martini, M.Pd
 Jabatan : Guru Fisika MAN 2 Tegal

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang telah dikembangkan.
2. Penilaian validasi ini terdapat empat aspek:
 - a. Keterampilan berpikir kritis
 - b. Materi
 - c. Desain
 - d. Bahasa
3. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) pada bahan ajar E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
4. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

A. Aspek Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
A. Klarifikasi Dasar (<i>Elementary Clarification</i>)					
1.	Bahan ajar mampu menarik siswa untuk menjawab pertanyaan dengan baik (pertanyaan dalam hal ini adalah soal-soal dan contoh kasus dalam bahan ajar)				✓

B. Dasar dalam Mengambil Keputusan (<i>The Basic for the Decisional Basic Support</i>)				
2.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk memberikan sebuah argumen yang memperkuat jawaban siswa			✓
C. Inferensi (<i>Inference</i>)				
3.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk membuat kesimpulan dengan tepat			✓
D. Klifikasi Lanjut (<i>Advanced Clarification</i>)				
4.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengidentifikasi asumsi yang diperlukan dalam rekonstruksi argumen			✓
E. Strategi dan Taktik (<i>Strategies and Tactics</i>)				
5.	Bahan ajar mampu mendorong siswa untuk mengatur strategi dan taktik dalam menyelesaikan sebuah permasalahan			✓

B. Aspek Materi

F. Kelayakan Isi				
6.	Relevansi tujuan pembelajaran dalam bahan ajar dengan KI dan KD			✓
7.	Kelengkapan materi bahan ajar ditinjau dari KI dan KD			✓
8.	Keakuratan konsep dalam bahan ajar sehingga tidak menimbulkan pemahaman yang menyimpang			✓
G. Kelayakan Penyajian				
9.	Penyajian materi dalam bahan ajar dilakukan secara sistematis			✓
10.	Ketersediaan gambar dan video animasi dalam bahan ajar yang sesuai dengan materi			✓
11.	Ketersediaan rangkuman materi, latihan soal dan kunci jawaban dalam bahan bahan ajar			✓
H. Penyajian Kontekstual				
12.	Keterkaitan materi yang tersaji dalam bahan ajar dengan situasi dunia nyata			✓
13.	Penyajian bahan ajar mampu mendorong siswa untuk menerapkan pengetahuan yang dimiliki dalam kehidupan sehari-hari			✓

C. Aspek Desain

I. Efek Bahan ajar terhadap Strategi Pembelajaran				
14.	Keinteraktifan bahan ajar yang mampu melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran			✓
15.	Bahan ajar mudah digunakan dalam pembelajaran di dalam kelas maupun di luar kelas			✓
16.	Bahan ajar mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa			✓
J. Desain Tampilan				
17.	Desain dan perpadauan warna dalam tampilan bahan ajar sudah sesuai sehingga menarik minat pembaca		✓	
18.	Jenis dan ukuran huruf yang digunakan dalam bahan ajar sudah tepat sehingga mudah terbaca		✓	
19.	Bahan ajar mudah dioperasikan dan tidak memerlukan spesifikasi komputer atau <i>smartphone</i> yang terlalu tinggi			✓

D. Aspek Kebahasaan

K. Kesesuaian dengan Tingkat Perkembangan Siswa				
20.	Kesesuaian bahan ajar dengan tingkat perkembangan intelektual siswa			✓
L. Ketepatan Kaidah Bahasa				
21.	Tata kalimat dalam bahan ajar sudah mengacu pada kaidah tata bahasa Indonesia yang baik dan benar			✓
M. Ketepatan Penggunaan Istilah				
22.	Penggunaan istilah yang konsisten antar bagian dalam bahan ajar			✓
N. Keterbacaan Pesan				
23.	Kalimat yang digunakan dalam bahan ajar mewakili isi pesan yang ingin disampaikan			✓

Komentar dan Saran

Bahan ajar E modul tentang etnosains Termodinamik sudah baik, bisa menambah keingintahuan peserta didik untuk mempelajari dan menarik karena disajikan gambar dan latihan soal yang bisa langsung dikerjakan oleh siswa/peserta didik dan sangat relevan sesuai perkembangan era digital.

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

E-modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-modul Etno-Termo) ini:

1. Kurang baik, sehingga belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi.
2. Cukup baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan banyak revisi.
3. Baik, sehingga dapat digunakan tetapi dengan sedikit revisi.
- ④ 4. Sangat baik, sehingga dapat digunakan tanpa revisi.

Tegal, 09-08-2023

Validator,

(Ka Rina Martini Mpd.

NIP. 198303232003012004

Lampiran 6 Rekapitulasi Hasil Angket Validasi Bahan Ajar

No.	Aspek	Jml Item	Validator			
			1	2	3	
1.	Keterampilan Berpikir Kritis	5	19	18	20	
2..	Materi	8	30	32	32	
3.	Desain	6	22	22	22	
4.	Kebahasaan	4	14	15	16	
Jumlah		23	85	87	90	
Jumlah Keseluruhan		262				
Rata-rata		3,70			3,78	3,91
Persentase (%)		88,50			90,75	93.75
Rata-rata Keseluruhan		3,80				
Rata-rata Persentase (%)		91				
Kategori		Sangat Baik				

Lampiran 7 Kisi-kisi Instrumen Angket Respon Siswa

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1.	Kemudahan	Kemudahan akses e-modul	1
		Kemudahan penggunaan e-modul	2
2.	Efektivitas	Peningkatan antusias belajar	3
		Kualitas dalam membantu siswa memahami materi termodinamika	4
		Siswa dapat menggunakan e-modul secara mandiri	5
3.	Tampilan	Desain tampilan e-modul	6
		Ukuran huruf	7
		Kejelasan gambar	8
		Kesesuaian gambar dan video dengan materi	9
4.	Isi	Kejelasan tujuan pembelajaran	10
		Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran	11
		Kesesuaian latihan soal dengan materi	12

Lampiran 8 Lembar Instrumen Angket Respon Siswa

**ANGKET RESPON SISWA TERHADAP E-MODUL
BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
SISWA**

Nama Siswa :

Kelas :

Petunjuk Penilaian

Pilih salah satu alternatif jawaban yang tersedia dengan memberi tanda centang (√) pada jawaban yang Anda pilih!

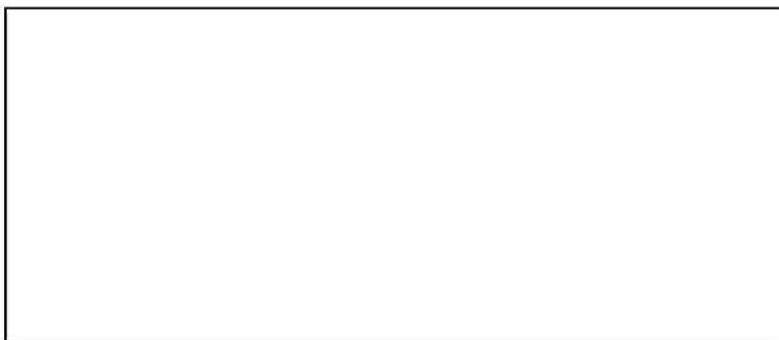
Keterangan:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
2 = Tidak Setuju
3 = Setuju
4 = Sangat Setuju

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
Aspek Kemudahan					
1.	E-modul dapat diakses dengan mudah				

2.	E-modul dapat dioperasikan dengan mudah				
Aspek Tampilan					
3.	Desain tampilan e-modul tersaji dengan baik				
4.	Ukuran huruf yang digunakan dalam e-modul sudah tepat dan mudah dibaca				
5.	Gambar yang tersaji dalam e-modul sudah jelas				
6.	Gambar dan video yang tersaji dalam e-modul sesuai dengan materi				
Aspek Isi					
7.	Tujuan pembelajaran pada setiap kegiatan belajar dalam e-modul sudah jelas				
8.	Materi dalam e-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran				
9.	Latihan soal dalam e-modul sesuai dengan materi				
Aspek Efektivitas					
10.	E-modul dapat meningkatkan antusias belajar				
11.	E-modul dapat digunakan secara mandiri				
12.	E-modul dapat membantu dalam memahami materi termodinamika				

Komentar dan Saran



Tegal,

Siswa,

(.....)

Lampiran 9 Validitas Instrumen Angket Respon Siswa

PENILAIAN ANGKET RESPON SISWA
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Nama Penilai : *Dr. Joko Basu Bernano, M.Pd*
 Jabatan : *Poser P. Fisika*

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
2. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (√) pada kolom penilaian yang tersedia.
3. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Aspek Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
1.	Lembar angket respon siswa meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan				✓
2.	Petunjuk penggunaan pada angket respon siswa: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
3.	Pernyataan pada angket respon siswa: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat				✓

	yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar			
4.	Bahasa yang digunakan pada angket respon siswa: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar		✓	
5.	Lembar angket respon siswa memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai			✓

Komentar dan Saran

Kesimpulan Penilaian

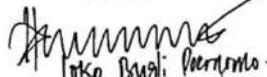
Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa ini:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
- ③ 3. Layak digunakan tanpa revisi

Semarang, 08-08-2023

Validator,


 (..... Eko Budi Permana)
 NIP. 19720242002011011

**PENILAIAN ANGGKET RESPON SISWA
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Penilai : Agus Sidiar Munto, M. Si
Jabatan : Dosen

Petunjuk Penilaian

- Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
- Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Aspek Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
1.	Lembar angket respon siswa meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan				✓
2.	Petunjuk penggunaan pada angket respon siswa: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
3.	Pernyataan pada angket respon siswa: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat				✓

	yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				
4.	Bahasa yang digunakan pada angket respon siswa: 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
5.	Lembar angket respon siswa memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai				✓

Komentar dan Saran

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa ini:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
- ③ 3. Layak digunakan tanpa revisi

Semarang, 8-8-2023.....

Validator,

(Aepu Pudjarmanto, M.Pd)

NIP. 197708232009121001

**PENILAIAN ANGKET RESPON SISWA
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Penilai : Ika Rina Martini, M.Pd
Jabatan : Guru Fisika MAN 2 Tegal

Petunjuk Penilaian

- Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
- Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Aspek Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
1.	Lembar angket respon siswa meliputi: 1) Judul dan identitas validator, 2) Petunjuk Pengisian dan Aspek Penilaian, 3) Kesimpulan				✓
2.	Petunjuk penggunaan pada angket respon siswa: 1) Petunjuk penggunaan lengkap, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar			✓	
3.	Pernyataan pada angket respon siswa: 1) Kalimat yang digunakan efektif, 2) Kalimat yang digunakan mudah dipahami, 3) Kalimat				✓

	yang digunakan sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				
4.	Bahasa yang digunakan pada angket respon siswa; 1) Komunikatif, 2) Mewakili informasi yang ingin disampaikan, 3) Sesuai dengan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓
5.	Lembar angket respon siswa memuat: 1) Aspek penilaian yang sesuai dengan produk yang dikembangkan, 2) Pernyataan yang sesuai dengan aspek penilaian, 3) Jenis dan ukuran huruf yang sesuai				✓

Komentar dan Saran

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Angket respon siswa pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa ini:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
- ③ 3. Layak digunakan tanpa revisi

Tegal, 09-08-2023

Validator,

AG

(Ika Rima Martini, Mpd.

NIP. 198303232005012004

Lampiran 10 Hasil Angket Respon Siswa

**ANGKET RESPON SISWA TERHADAP E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI
HUKUM TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Siswa : REYZA ARDIANSYAH

Kelas : XI IPA 2

Petunjuk Penilaian

Pilih salah satu alternatif jawaban yang tersedia dengan memberi tanda centang (✓) pada jawaban yang Anda pilih!

Keterangan:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
2 = Tidak Setuju
3 = Setuju
4 = Sangat Setuju

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
Aspek Kemudahan					
1.	E-modul dapat diakses dengan mudah				✓
2.	E-modul dapat dioperasikan dengan mudah				✓
Aspek Tampilan					
6.	Desain tampilan e-modul tersaji dengan baik			✓	
7.	Ukuran huruf yang digunakan dalam e-modul sudah tepat dan mudah dibaca				✓
8.	Gambar yang tersaji dalam e-modul sudah jelas			✓	
9.	Gambar dan video yang tersaji dalam e-modul sesuai dengan materi			✓	
Aspek Isi					
10.	Tujuan pembelajaran pada setiap kegiatan belajar dalam e-modul sudah jelas				✓
11.	Materi dalam e-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓

12.	Latihan soal dalam e-modul sesuai dengan materi				✓
Aspek Efektivitas					
3.	E-modul dapat meningkatkan antusias belajar			✓	
4.	E-modul dapat digunakan secara mandiri				✓
5.	E-modul dapat membantu dalam memahami materi termodinamika				✓

Komentar dan Saran

Tegal, 09-08-2023.....

Siswa,



(REZA ARDIANSYAH)

Lampiran 11 Daftar Nama Responden Uji Keterbacaan E-modul

No.	Nama	Kode
1.	Afina Sulisa	R-1
2.	Ahmad Husni Mubarak	R-2
3.	Azfia Andina Putri	R-3
4.	Esiana Fauziah Isabella	R-4
5.	Jazirah Yasmin	R-5
6.	Reyza Ardiansyah	R-6
7.	Rodhatu Aorora Risza M.	R-7
8.	Safina Nasya Afida	R-8
9.	Sopi Nurlaili	R-9
10.	Yayah Muhimah	R-10

Lampiran 12 Rekapitulasi Hasil Penilaian Uji Keterbacaan E-modul

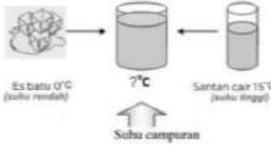
No.	Kode	No. Angket											
		Aspek											
		Kemudahan		Tampilan				Isi			Efektivitas		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	R-1	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4	4
2.	R-2	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4
3.	R-3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3
4.	R-4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
5.	R-5	2	2	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3
6.	R-6	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	4	4
7.	R-7	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	3
8.	R-8	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3
9.	R-9	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4
10.	R-10	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3
Jumlah Skor		31	33	33	35	34	34	37	38	36	34	34	35

Jumlah Keseluruhan	414
Rata-rata	34,5
Rata-rata Keseluruhan	3,45
Persentase Keseluruhan	86%
Kategori	Sangat Baik

Lampiran 13 Kisi-kisi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Indikator Pembelajaran	Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Bentuk Soal	Kunci Jawaban	Rubrik Penskoran	
						Skor	Kriteria
1.	3.7.1 Mengidentifikasi Hukum Nol Termodinamika dan kesetimbangan termal dalam penerapan kehidupan sehari-hari	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Bertanya dan menjawab suatu penjelasan atau tantangan	a. Prita dan Astri melakukan eksperimen sederhana sembari membuat es lonjong. Mula-mula mereka memasukkan santan cair bersuhu 15°C ke dalam wadah kosong, kemudian memasukkan kembali es batu bersuhu 0°C. Mereka mengukur suhu campuran dalam wadah	<ul style="list-style-type: none"> Berapa besar suhu campuran yang diperoleh dari pencampuran santan cair dan es batu? Mengapa pencampuran suhu santan cair dengan suhu es batu mengalami 	4	Membuat 2 pertanyaan berdasarkan kriteria dan relevan dengan wacana
						3	Membuat 1 pertanyaan berdasarkan kriteria dan

				<p>yang berisi campuran santan cair dan es batu tersebut.</p> <p>Hasil eksperimen mereka menunjukkan bahwa setelah beberapa saat santan cair dicampur dengan es batu, keduanya mengalami kesetimbangan termal.</p> <p>Proses pencampuran santan cair dan es batu tersebut merupakan penerapan Hukum Nol Termodinamika.</p>	<p>kesetimbangan termal?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengapa peristiwa tersebut dikatakan penerapan Hukum Nol Termodinamika? 	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>relevan dengan wacana</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Membuat 1 pertanyaan berdasarkan kriteria</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Membuat 1 pertanyaan tidak relevan</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Tidak menjawab</td> </tr> </table>		relevan dengan wacana	2	Membuat 1 pertanyaan berdasarkan kriteria	1	Membuat 1 pertanyaan tidak relevan	0	Tidak menjawab
	relevan dengan wacana													
2	Membuat 1 pertanyaan berdasarkan kriteria													
1	Membuat 1 pertanyaan tidak relevan													
0	Tidak menjawab													

			 <p>Es batu 0°C (suhu rendah)</p> <p>7°C</p> <p>Santan cair 15°C (suhu tinggi)</p> <p>Suhu campuran</p> <p>Buatlah 2 pertanyaan yang sesuai dengan wacana di atas!</p>							
	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Bertanya dan menjawab suatu penjelasan atau tantangan	b. Tentukan jawaban dari pertanyaan yang telah kamu buat!	<ul style="list-style-type: none"> Jika dihitung: $\frac{15^{\circ}\text{C} + 0^{\circ}\text{C}}{2} = 7,5^{\circ}\text{C}$ Suhu campuran yang dihasilkan yaitu 7,5°C. Karena jika benda yang suhunya panas dicampur dengan 						
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Skor</th> <th>Kriteria</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Jawaban benar, memberikan penjelasan</td> </tr> </tbody> </table>	Skor	Kriteria	4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat	3	Jawaban benar, memberikan penjelasan
Skor	Kriteria									
4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat									
3	Jawaban benar, memberikan penjelasan									

					<p>suhu dingin maka suhu yang tinggi akan turun menuju suhu yang lebih rendah dan suhu rendah akan menuju menuju ke suhu yang lebih tinggi hingga mencapai kesetimbangan termal.</p> <p>• Hukum Nol Termodinamika berhubungan dengan kesetimbangan</p>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>kurang fokus dan tidak lengkap</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Pemahaman tidak tepat</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Tidak menjawab</td> </tr> </table>		kurang fokus dan tidak lengkap	2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap	1	Pemahaman tidak tepat	0	Tidak menjawab
	kurang fokus dan tidak lengkap													
2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap													
1	Pemahaman tidak tepat													
0	Tidak menjawab													

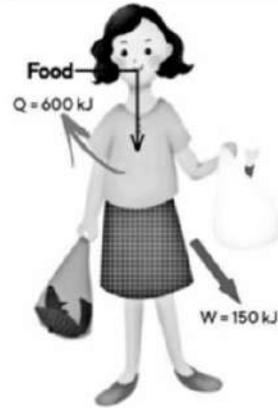
					termal antara benda yang saling bersentuhan. Benda yang saling bersentuhan yaitu santan cair dengan es batu.		
2.	3.7.2 Menganalisis sistem, lingkungan dan batas sistem pada sistem terbuka, tertutup dan terisolasi	Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	Mengidentifikasi asumsi	a. Pak Slamet adalah seorang petani yang senang membawa teh panas dalam botol plastik ketika bekerja di sawah pada malam hari. Namun, Pak Slamet sering mendapati tehnya sudah dingin karena dinding	Identifikasi alasan yang tepat yaitu karena termos memiliki dinding dalam rangkap seperti kaca. Dinding rangkap tersebut membuat kalor dari air di dalamnya	Skor	Kriteria
						4	Jawaban benar, memberikan penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat
						3	Jawaban benar, memberikan penjelasan

berdasarkan contoh dikehidupan sehari-hari.			plastik botol tidak dapat mencegah kalor keluar dari botol. Ratih, anak Pak Slamet membelikan termos untuknya sebagai ganti dari botol air plastik agar Pak Slamet dapat menikmati teh yang hangat. Hal ini karena termos dapat menjaga suhu lebih lama dari wadah biasa.		tertahan dalam termos jauh lebih lama daripada botol biasa yang hanya terbuat dari plastik. Atau dapat dikatakan bahwa termos adalah sistem terisolasi.		kurang fokus dan tidak lengkap
						2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap
						1	Pemahaman tidak tepat
						0	Tidak menjawab

				Mengapa termos dapat mempertahankan panas air lebih lama daripada botol plastik?			
		Memberikan penjelasan lebih lanjut <i>(advanced clarification)</i>	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkannya	b. Berdasarkan wacana di atas, tentukan wadah air mana yang termasuk sistem tertutup dan sistem terisolasi beserta alasannya!	Botol plastik termasuk sistem tertutup, karena kalor dapat dengan mudah keluar melewati dinding plastik botol ke lingkungan atau sebaliknya. Termos termasuk sistem terisolasi, karena memiliki dinding rangkap yang tidak	Skor	Kriteria
						4	Jawaban benar, memberikan penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat
						3	Jawaban benar, memberikan penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap

					memungkinkan kalor dan massa berpindah dari dalam termos ke lingkungan atau sebaliknya.	2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap
						1	Pemahaman tidak tepat
						0	Tidak menjawab
3.	3.7.3 Menganalisis Hukum Pertama Termodinamika dalam penerapan	Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi	(Sumber : Buku Paket Fisika untuk SMA/MA kelas XI) a. Bu Tati menyantap sarapan sepiring nasi dengan lauk pada pagi hari sebagai sumber	Energi dalam tubuh Bu Tuti dipengaruhi oleh kalor dan usaha. Hal ini karena tidak terdapat pembatas yang menghalangi pertukaran kalor dan	Skor	Kriteria
						4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat

kehidupan sehari-hari			energi. Setelah itu, Bu Tuti langsung pergi ke pasar untuk Prepegan. Usaha yang ia dilakukan sebesar 150 kJ dan kalor yang diserap sebesar 600 kJ. Perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tuti sebesar 450 kJ.	usaha yang terjadi antara sistem (tubuh) dan lingkungan. Persamaan energi dalamnya yaitu: $\Delta U = Q - W$	3	Jawaban benar, memberikan penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap
					2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap
					1	Pemahaman tidak tepat
					0	Tidak menjawab



Apa yang mempengaruhi perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tuti? Jelaskan!

Membangun keterampilan

Mempertimbangkan

(Sumber : Buku Paket Fisika untuk SMA/MA kelas XI)

Diketahui:
Kalor diserap oleh sistem:

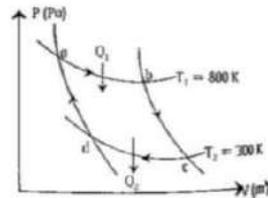
Skor

Kriteria

		dasar (<i>basic support</i>)	kredibilitas sumber	b. Buktikan apakah perubahan energi dalam pada wacana di atas sebesar 450 kJ?	$Q = +600 \text{ kJ}$ Usaha dilakukan oleh sistem $W = +150 \text{ kJ}$ Ditanya: $\Delta U = 450 \text{ kJ}$ adalah benar? Jawab: $\Delta U = Q - W$ $\Delta U = 600 \text{ kJ} - 150 \text{ kJ}$ $\Delta U = 450 \text{ kJ}$ Jadi, benar bahwa perubahan energi pada sistem tersebut sebesar 450 kJ.	4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat
						3	Jawaban benar, memberikan penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap
						2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap

						1	Pemahaman tidak tepat
						0	Tidak menjawab
4.	3.7.5 Menganalisis efisiensi Hukum Kedua Termodinamika pada mesin kalor dan siklus carnot	Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi	(Sumber: Buku Belajar Praktis Fisika untuk SMA/MA Kelas XI) a. Sebuah mesin uap dalam kapal laut di Pelabuhan Tegal bekerja antara 800 K dan 300 K seperti yang direpresentasikan oleh gambar siklus carnot di bawah ini. Mesin uap tersebut mampu menyerap kalor (Q_1) sebesar 9.600 J. Menurut	<ul style="list-style-type: none"> • Proses ab adalah pemuaian isothermal pada suhu ($T_1 = 800$ K). Pada proses ini sistem menyerap kalor (Q_1) dari reservoir bersuhu tinggi (T_1) dan melakukan usaha (W). • Proses bc adalah pemuaian adiabatik. Selama proses ini 	Skor	Kriteria
						4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat
						3	Jawaban benar, memberikan penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap
						2	Jawaban benar, tetapi tidak

Pak Kus, mesin tersebut melakukan usaha sebesar 6.000 J.



Deskripsikan gambar siklus carnot di atas dengan tepat!

berlangsung suhu sistem turun dari (T_1) menjadi suhu rendah ($T_2 = 300\text{ K}$) sambil melakukan usaha (W).

- Proses cd adalah pemampatan isothermal pada suhu (T_2). Pada proses ini sistem menerima usaha (W) dan melepas kalor (Q_2) ke reservoir bersuhu rendah (T_2).

memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap

1 Pemahaman tidak tepat

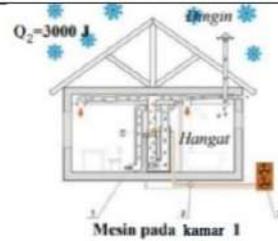
0 Tidak menjawab

					<ul style="list-style-type: none"> • Proses da adalah pemampatan adiabatik. Selama proses ini suhu sistem naik dari (T_2) menjadi (T_1) akibat menerima usaha (W). 							
		Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Menganalisis argumen	(Sumber : Buku Paket Fisika untuk SMA/MA kelas XI) b. Buktikan kebenaran pernyataan Pak Kus pada wacana di atas!	Diketahui: $T_1 = 800 \text{ K}$ $T_2 = 300 \text{ K}$ $Q_1 = 9.600 \text{ J}$ Ditanya: $W = 3600 \text{ J}$ adalah benar? Jawab:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Skor</th> <th>Kriteria</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Jawaban benar, memberikan</td> </tr> </tbody> </table>	Skor	Kriteria	4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat	3	Jawaban benar, memberikan
Skor	Kriteria											
4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat											
3	Jawaban benar, memberikan											

					<ul style="list-style-type: none"> • Mencari efisiensi (η) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ $\eta = \frac{800 - 300}{800} \times 100\%$ $\eta = 62,5\%$ • Mencari usaha (W) $\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\%$ $W = \frac{Q_1 \times \eta}{100\%}$ $W = \frac{9.600 \times 62,5\%}{100\%}$ $W = 6.000 \text{ J}$ <p>Jadi, benar bahwa usaha mesin uap tersebut sebesar 6.000 J.</p>	<p>penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap</p>
					2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang kurang fokus dan tidak lengkap
					1	Pemahaman tidak tepat
					0	Tidak menjawab

5.	3.7.4 Menganalisis koefisien kinerja Hukum Kedua Termodinamika pada mesin pendingin dan pompa kalor	Menyusun strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	Menentukan tindakan	(Sumber: Buku Belajar Praktis Fisika untuk SMA/MA Kelas XI) a. Desa Guci di Kecamatan Bumijawa merupakan daerah dataran tinggi di kaki Gunung Slamet yang bersuhu dingin. Villa di sekitar Taman Wisata Pemandian Air Panas Guci menggunakan pompa kalor untuk mengondisikan suhu ruangan. Sebuah pompa kalor pada "Kamar 1" sebuah villa	Diketahui: $W = 1.500 \text{ J}$ $Q_2 = 3.000 \text{ J}$ (Kamar 1) $Q_2 = 4.500 \text{ J}$ (Kamar 2) Ditanya: Mesin pompa kalor mana yang lebih efisien? Jawab: • Mencari Q_1 pada kamar 1 $W = Q_1 - Q_2$ $Q_1 = W + Q_2$ $Q_1 = 1.500 + 3.000$	Skor	Kriteria
						4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat
						3	Jawaban benar, memberikan penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap
						2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang

				<p>menghasilkan kerja sebesar 1.500 J dan kalor yang diterima sebesar 3.000 J. Koefisien kinerja pompa kalor tersebut sebesar 3,0. Apabila kalor yang diterima sebesar 4.500 J seperti pada “Kamar 2” dan besar usahanya sama, jawablah pertanyaan berikut ini:</p>	<p>$Q_1 = 4.500 \text{ J}$</p> <ul style="list-style-type: none"> Mencari Q_1 pada kamar 2 <p>$W = Q_1 - Q_2$</p> <p>$Q_1 = W + Q_2$</p> <p>$Q_1 = 1.500 + 4.500$</p> <p>$Q_1 = 6.000 \text{ J}$</p> <p>Menurut saya akan lebih efisien mesin pada kamar 2, karena dapat memindahkan kalor dalam jumlah yang lebih besar.</p>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>kurang fokus dan tidak lengkap</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Pemahaman tidak tepat</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Tidak menjawab</td> </tr> </table>		kurang fokus dan tidak lengkap	1	Pemahaman tidak tepat	0	Tidak menjawab
	kurang fokus dan tidak lengkap											
1	Pemahaman tidak tepat											
0	Tidak menjawab											



Pompa kalor mana yang lebih efisien dan kamu pilih apabila menjadi pemilik villa? Kemukakan alasanmu!

		Menyimpulkan (<i>inference</i>)	Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan	b. Apakah keputusanmu pada permasalahan di atas benar jika dihubungkan dengan koefisien kinerja?	Diketahui: $Q_1 = 4.500 \text{ J}$ (Kamar 1) $C_p = 3,0$ $Q_2 = 6.000 \text{ J}$ (Kamar 2) Ditanya: Hubungan Q_1 dan $C_p \dots?$ Jawab: • Kamar 1 $Q_1 = 4.500 \text{ J}$ (Kamar 1) $C_p = 3,0$ • Kamar 2	Skor	Kriteria
						4	Jawaban benar, memberika penjelasan yang jelas, fokus, dan akurat
						3	Jawaban benar, memberikan penjelasan kurang fokus dan tidak lengkap
						2	Jawaban benar, tetapi tidak memberikan penjelasan yang

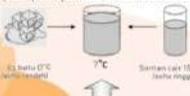
					$Q_1 = 6.000 \text{ J}$ (Kamar 2) $C_p = \frac{Q_1}{W}$ $C_p = \frac{6.000}{1.500} = 4,0$ Jadi, semakin besar kalor yang dipindahkan (Q_1), maka koefisien kinerjanya (C_p) akan semakin tinggi sehingga mesin tersebut lebih efisien.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>kurang fokus dan tidak lengkap</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Pemahaman tidak tepat</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Tidak menjawab</td> </tr> </table>		kurang fokus dan tidak lengkap	1	Pemahaman tidak tepat	0	Tidak menjawab
	kurang fokus dan tidak lengkap											
1	Pemahaman tidak tepat											
0	Tidak menjawab											

Lampiran 14 Lembar Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis pada E-modul Etno-Termo

EVALUASI
Kerjakanlah soal evaluasi berikut ini!

1) Prita dan Asti melakukan eksperimen sederhana seperti membuat es krim. Mula-mula mereka memasukkan santan cair bersuhu 15°C ke dalam wadah kosong, kemudian memasukkan kembali es batu bersuhu 0°C . Mereka mengukur suhu campuran dalam wadah yang berisi campuran santan cair dan es batu tersebut.

Hasil eksperimen mereka menunjukkan bahwa setelah beberapa saat santan cair di campur dengan es batu, keduanya mengalami kesetimbangan termal. Proses pencampuran santan cair dan es batu tersebut merupakan penerapan Hukum Nol Termodinamika.



50 batu 0°C (es batu) + 100 susu cair 15°C (susu) → 150 campuran 7°C

a. Buatlah 2 pertanyaan yang sesuai dengan wacana di atas!
b. Tentukan jawaban dari pertanyaan yang telah kamu buat!

2) Pak Slamet adalah seorang petani yang senang membawa teh panas dalam botol plastik ketika bekerja di sawah pada malam hari. Namun, Pak Slamet sering mendapati tehnya sudah dingin karena dinding plastik botol tidak dapat menahan kalor keluar dari botol. Rata-rata, anak Pak Slamet membeli termos untuknya sebagai ganti dari botol air plastik agar Pak Slamet dapat menikmati teh yang hangat. Hal ini karena termos dapat menjaga suhu lebih lama dari wadah biasa.



32

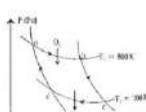
a. Mengapa termos dapat mempertahankan panas ar lebih lama daripada botol plastik?
b. Berdasarkan wacana di atas, tentukan wadah air mana yang termasuk sistem tertutup dan sistem terisolasi beserta alasannya!

3) Bu Tati menyantap sarapan sepiring nasi dengan lauk pada pagi hari sebagai sumber energi. Setelah itu, Bu Tati langsung pergi ke pasar untuk Prapagan. Usaha yang ia dilakukan sebesar 750 kJ dan kalor yang di camp sebesar 400 kJ . Perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tati sebesar 450 kJ .



a. Apa yang mempengaruhi perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tati? Jelaskan!
b. Buktikan apakah perubahan energi dalam pada wacana di atas sebesar 450 kJ !

4) Sebuah mesin uap dalam kapal laut di Pelabuhan Tegal bekerja antara 800 K dan 500 K seperti yang direpresentasikan oleh gambar siklus carnot di bawah ini. Mesin uap tersebut mampu menyerap kalor (Q_1) sebesar 9.000 J . Menurut Pak Kus, mesin tersebut melakukan usaha sebesar 6.000 J .



a. Deskripsikan gambar siklus carnot diatas dengan tepat!
b. Buktikan kebenaran pernyataan Pak Kus pada wacana di atas!

5. Desa Guci di Kecamatan Bumiawa merupakan daerah dataran tinggi di kaki Gunung Slamet yang bersuhu dingin. Vila di sekitar Taman Wisata Permandian Air Panas Guci menggunakan pompa kalor untuk menghangatkan suhu ruangan. Sebuah pompa kalor pada "Kamar 1" sebuah vila menghasilkan kerja sebesar 1.500 J dan kalor yang diterima sebesar 5.000 J . Koefisien kinerja pompa kalor tersebut sebesar $5,0$. Apabila kalor yang diterima sebesar 4.500 J seperti pada "Kamar 2" dan besor usahanya sama, jawablah pertanyaan berikut ini.



a. Mesin pada kamar mana yang lebih efisien dan kamu pilih apabila kamu menjadi pemilik vila tersebut? Kemukakan alasannya!
b. Apakah kemampuanmu pada pemampatan di atas benar jika dihubungkan dengan koefisien kinerja pada alat tersebut?

33

a. Deskripsikan gambar siklus carnot diatas dengan tepat!
b. Buktikan kebenaran pernyataan Pak Kus pada wacana di atas!

5. Desa Guci di Kecamatan Bumiawa merupakan daerah dataran tinggi di kaki Gunung Slamet yang bersuhu dingin. Vila di sekitar Taman Wisata Permandian Air Panas Guci menggunakan pompa kalor untuk menghangatkan suhu ruangan. Sebuah pompa kalor pada "Kamar 1" sebuah vila menghasilkan kerja sebesar 1.500 J dan kalor yang diterima sebesar 5.000 J . Koefisien kinerja pompa kalor tersebut sebesar $5,0$. Apabila kalor yang diterima sebesar 4.500 J seperti pada "Kamar 2" dan besor usahanya sama, jawablah pertanyaan berikut ini.



a. Mesin pada kamar mana yang lebih efisien dan kamu pilih apabila kamu menjadi pemilik vila tersebut? Kemukakan alasannya!
b. Apakah kemampuanmu pada pemampatan di atas benar jika dihubungkan dengan koefisien kinerja pada alat tersebut?

34

Lampiran 15 Validitas Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

**LEMBAR VALIDASI SOAL TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Penilai : *Dr. Joko Budi Permomo, M.Pd.*
Jabatan : *Posen Pend. Fisika*

Petunjuk Penilaian

- Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
- Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
Aspek Isi					
1.	Butir soal sesuai dengan indikator kompetensi pencapaian				✓
2.	Batasan pertanyaan dan jawaban yang diharapkan jelas			✓	
3.	Isi pada soal sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓
4.	Isi materi yang ditanyakan sesuai dengan jenjang, jenis sekolah, dan tingkat kelas				✓
Aspek Konstruk					
5.	Rumusan kalimat dalam bentuk kalimat tanya atau perintah yang memuat jawaban terurai			✓	

6.	Ada petunjuk yang jelas cara mengerjakan				✓
7.	Terdapat pedoman penskoran				✓
8.	Tabel, grafik, diagram, kasus, atau yang sejenisnya bermakna (jelas keterangannya atau ada hubungannya dengan masalah yang ditanyakan)			✓	
Aspek Bahasa					
9.	Rumusan kalimat komunikatif				✓
10.	Kalimat menggunakan bahasa yang baik dan benar				✓
11.	Rumusan kalimat tidak menimbulkan penafsiran ganda			✓	
12.	Menggunakan bahasa/kata yang umum (bukan bahasa lokal)				✓
13.	Rumusan soal tidak mengundang kata-kata yang dapat meyinggung perasaan siswa				✓

Komentar dan Saran**Kesimpulan Penilaian**

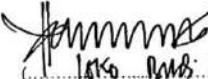
Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
3. Layak digunakan tanpa revisi

Semarang, 08-08-2023

Validator,


(.....*Isk. Rus. P.*.....)

NIP. 197002420011011

**LEMBAR VALIDASI SOAL TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA**

Nama Penilai : Agus Sudarmanto, M.Si

Jabatan : Dosen

Petunjuk Penilaian

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
2. Dimohon Bapak/Ibu memberi penilaian 1 (sangat tidak valid), 2 (kurang valid), 3 (valid), atau 4 (sangat valid) terhadap soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan cara membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom penilaian yang tersedia.
3. Saran-saran yang Bapak/Ibu berikan, mohon dituliskan pada naskah yang perlu direvisi atau dituliskan pada lembar saran yang telah disediakan.

Penilaian

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
Aspek Isi					
1.	Butir soal sesuai dengan indikator kompetensi pencapaian				✓
2.	Batasan pertanyaan dan jawaban yang diharapkan jelas				✓
3.	Isi pada soal sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓
4.	Isi materi yang ditanyakan sesuai dengan jenjang, jenis sekolah, dan tingkat kelas				✓
Aspek Konstruk					
5.	Rumusan kalimat dalam bentuk kalimat tanya atau perintah yang memuat jawaban terurai				✓

6.	Ada petunjuk yang jelas cara mengerjakan				✓
7.	Terdapat pedoman penskoran				✓
8.	Tabel, grafik, diagram, kasus, atau yang sejenisnya bermakna (jelas keterangannya atau ada hubungannya dengan masalah yang ditanyakan)				✓
Aspek Bahasa					
9.	Rumusan kalimat komunikatif				✓
10.	Kalimat menggunakan bahasa yang baik dan benar				✓
11.	Rumusan kalimat tidak menimbulkan penafsiran ganda				✓
12.	Menggunakan bahasa/kata yang umum (bukan bahasa lokal)				✓
13.	Rumusan soal tidak mengundang kata-kata yang dapat meyinggung perasaan siswa				✓

Komentar dan Saran

1. hal 4, cek lagi kapaitar kelor ... sth benar atau blm?
~~2. hal 10, cek lagi proses inbrek~~
 2. hal 12, cek lagi proses inbrek.
 proses inbrek adalah proses sintesis ... (revisi)?

Kesimpulan Penilaian

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa:

1. Tidak layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi
3. Layak digunakan tanpa revisi

Semarang, 8-8-2021

Validator,



Agus Sudarwanto, S.Pd.

NIP.

VALIDASI SOAL TES KETERAMPILAN BERF

Pertanyaan Jawaban 1 Setelan

NAMA *

Ika Rina Martini, M.Pd.

JABATAN *

Guru

Butir soal sesuai dengan indikator kompetisi pencapaian *

1

2

3

4

Batasan pertanyaan dan jawaban yang diharapkan jelas *

1

2

3

4

Isi pada soal sesuai dengan tujuan pembelajaran *

1

2

3

4

Isi materi yang ditanyakan sesuai dengan jenjang, jenis sekolah, dan tingkat kelas *

1

2

3

4

Kalimat menggunakan bahasa yang baik dan benar *

1

2

3

4

Rumusan kalimat tidak menimbulkan penafsiran ganda *

1

2

3

4

Menggunakan bahasa/kata yang umum (bukan bahasa lokal) *

1

2

3

4

Rumusan soal tidak mengandung kata-kata yang dapat meyinggung perasaan siswa *

1

2

3

4

KOMENTAR DAN SARAN

Sudah bagus lembar penilaian

KESIMPULAN PENILAIAN

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu. Soal tes keterampilan berpikir kritis pengembangan e-modul bermuatan etnosains materi hukum termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa:

Tidak layak digunakan

Layak digunakan dengan revisi

Layak digunakan tanpa revisi

Rumusan kalimat dalam bentuk kalimat tanya atau perintah yang memuat jawaban terurai *

- 1
- 2
- 3
- 4

Ada petunjuk yang jelas cara mengerjakan *

- 1
- 2
- 3
- 4

Terdapat pedoman penskoran *

- 1
- 2
- 3
- 4

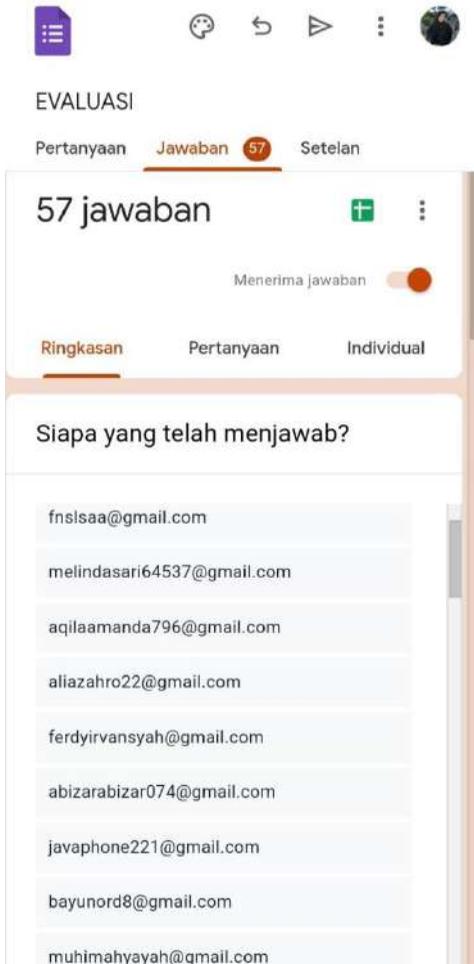
Tabel, grafik, diagram, kasus, atau yang sejenisnya bermakna (jelas keterangannya atau ada hubungannya dengan masalah yang ditanyakan)

- 1
- 2
- 3
- 4

Rumusan kalimat komunikatif *

- 1
- 2
- 3
- 4

Lampiran 16 Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis



The screenshot displays a mobile application interface for evaluating a question. At the top, there are navigation icons: a purple document icon, a speech bubble, a back arrow, a play button, a vertical ellipsis, and a globe. Below these icons, the word "EVALUASI" is written in a bold, black font. Underneath, there are three tabs: "Pertanyaan", "Jawaban" (which is highlighted in orange and has a red circle with the number "57" next to it), and "Setelan".

The main content area shows "57 jawaban" in a large, bold, black font. To the right of this text are a green plus sign and a vertical ellipsis. Below this, there is a toggle switch labeled "Menerima jawaban" which is currently turned on (indicated by a red circle). Underneath the toggle, there are three tabs: "Ringkasan" (highlighted in orange), "Pertanyaan", and "Individual".

The section titled "Siapa yang telah menjawab?" (Who has answered?) contains a list of ten email addresses, each on a separate light blue background:

- fnslsa@gmail.com
- melindasari64537@gmail.com
- aqilaamanda796@gmail.com
- aliazahro22@gmail.com
- ferdyirvansyah@gmail.com
- abizarabizar074@gmail.com
- javaphone221@gmail.com
- bayunord8@gmail.com
- muhimahyayah@gmail.com

Lampiran 17 Daftar Nama dan Nilai Responden Implementasi
Kelas Eksperimen

No.	Nama Siswa	Kode	Pretest	Posttest
1.	Abiddzar Hadi Adnan	E1	50,00	87,50
2.	Adriyan Aditia	E2	45,00	72,50
3.	Afina Sulisa	E3	37,50	85,00
4.	Alia Zahro Nadwah	E4	40,00	85,00
5.	Annisa Fitria Ramadhani	E5	17,50	80,00
6.	Aqila Amanda	E6	40,00	87,50
7.	Asyari	E7	60,00	82,50
8.	Azfa Andina Putri	E8	62,50	87,50
9.	Bunga Azzah Rahmawati	E9	47,50	85,00
10.	Denis Parikurniawan	E10	57,50	90,00
11.	Dimas Bayu Prasetya	E11	70,00	95,00
12.	Eka Widi Astuti	E12	20,00	80,00
13.	Faisal Maulana	E13	57,50	82,50
14.	Fanisa Dwi Agustin	E14	35,00	80,00
15.	Finkan Fathurokhmah	E15	67,50	97,50
16.	Hana Alya Zahro	E16	17,50	85,00
17.	Hanum Putri Adzimatunur	E17	55,00	97,50
18.	Ilmi Wildan Mukholadun	E18	55,00	92,50
19.	M. Aryo Prayoga	E19	65,00	75,00
20.	M. Jafar As Sodik	E20	60,00	87,50
21.	Melinda Sari	E21	62,50	97,50
22.	Muhamad Rafi Ramadha Putra	E22	62,50	90,00
23.	Nadjwa Amelia Putri	E23	57,50	97,50

24.	Najwa Salsabila	E24	42,50	85,00
25.	Naqriz Rizqiani	E25	70,00	97,50
26.	Ririn Pindiyani	E26	57,50	85,00
27.	Saeful Rizal	E27	60,00	97,50
28.	Safina Nasya Afida	E28	45,00	85,00
29.	Sinta Widia Astuti	E29	45,00	97,50
30.	Sopi Nurlaili	E30	60,00	85,00
31.	Toto Satrio	E31	47,50	97,50
32.	Ververnaliza Sekar Ayu Andieni	E32	17,50	80,00
33.	Yayah Muhimah	E33	62,50	97,50

Kelas Kontrol

No.	Nama Siswa	Kode	Pretest	Posttest
1.	Agung Prastiyo	K1	62,50	80,00
2.	Agus Riyadi	K2	47,50	72,50
3.	Ahmad Husni Mubarak	K3	17,50	72,50
4.	Ainun Deva Aulia Putri	K4	40,00	87,50
5.	Andin Nurfadillah	K5	75,00	87,50
6.	Bunga Citra Lestari	K6	52,50	77,50
7.	Elsa Manora Mei Cahya	K7	67,50	87,50
8.	Elsa Nabilla	K8	70,00	77,50
9.	Esiana Fauziah Isabella	K9	80,00	87,50
10.	Faizal Wanda Saputra	K10	40,00	80,00
11.	Fatikhah Nur Hikmah R.	K11	67,50	85,00
12.	Hari Prasetyo	K12	37,50	80,00
13.	Imas Sulistianingsih	K13	52,50	72,50

14.	Jazirah Yasmin	K14	47,50	75,00
15.	Kharisma RudiYana Putri	K15	57,50	77,50
16.	Moh. Abdullah Faqih	K16	25,00	25,00
17.	Moh. Iftiyan	K17	40,00	87,50
18.	Mohamad Koco Indrawan	K18	35,00	80,00
19.	Mohammad Khayatulloh	K19	62,50	90,00
20.	Muhamad Hasanudin	K20	50,00	85,00
21.	Mutia Nur Ummami	K21	70,00	85,00
22.	Naelal Amani	K22	62,50	92,50
23.	Nahbillah Raysiah	K23	72,50	90,00
24.	Naili Mafaza	K24	62,50	87,50
25.	Nurul Wahyuni	K25	62,50	85,00
26.	Reyza Ardiansyah	K26	15,00	72,50
27.	Rodhatu Aorora Risza Maulina	K27	72,50	85,00
28.	Sayyid Ahmad Adeni Syarif	K28	77,50	75,00
29.	Siti Aisyah	K29	70,00	87,50
30.	Siti Nurkhaliza	K30	62,50	85,00
31.	Tati Herawati	K31	52,50	75,00
32.	Wahyu Ali Nawawi	K32	70,00	82,50
33.	Wahyu Nabilah	K33	15,00	87,50
34.	Zenal Arifin	K34	65,00	77,50

Lampiran 18 Surat Penunjukkan Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Hamka kampus II Ngaliyan Semarang Telp. 024-76433366 Semarang 50185

Semarang, 29 Juni 2022

Nomor : B. 4051 /Un.10.8/J6/DA.04.09/06/2023

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth. :

1. Susilawati, M.Pd.
2. Drs. Jasuri, M.S.I.
di Semarang

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di jurusan Pendidikan Fisika, maka Fakultas Sains dan Teknologi menyetujui judul skripsi mahasiswa:

Nama : Nanda Amaliyah
NIM : 1908066032
Judul : Pengembangan E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Dan menunjuk Saudara :

1. Susilawati, M.Pd. sebagai Pembimbing I
2. Drs. Jasuri, M.S.I. sebagai Pembimbing II

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan dan atas kerja sama yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

A.n Dekan
Ketua Jurusan Pendidikan Fisika



Df. Joko Budi Poernomo, M.Pd.
NIP. 19760214 200801 1 001

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo sebagai laporan
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 19 Surat Permohonan Validasi Instrumen Penelitian



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185
E-mail: fst@walisongo.ac.id Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.5709/Un.10.8/D/SP.01.06/08/2023 04 Agustus 2023
Lamp : -
Hal : Permohonan Validasi Instrumen

Kepada Yth.

1. Dr. Joko Budi Poernomo, M.Pd Validator Ahli Instrumen
(Dosen Pendidikan Fisika FST UIN Walisongo)
 2. Agus Sudarmanto, M.Si Validator Ahli Instrumen
(Dosen Fisika FST UIN Walisongo)
 3. Ika Rina Martini, M.Pd Validator Ahli Instrumen
(Guru Fisika MAN 2 Tegal)
- di tempat.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara menjadi validator ahli instrumen untuk penelitian skripsi:

Nama : Nanda Amaliyah
NIM : 1908066032
Program Studi : Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo
Judul : Pengembangan E-Modul Bermuatan *Etnosains* Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan Keterampilan

Demikian atas perhatian dan berkenannya menjadi validator ahli instrument kami ucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Ah. Dekan
Kabag. TU

Muhammad Kharis, SH, M.H
NIP. 19691017 199403 1 002

Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 20 Surat Permohonan Izin Penelitian



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang 50185
E-mail: bs@walisongo.ac.id Web : <http://fsta.walisongo.ac.id>

Nomor	: B.3556/Un.10.8/K/SP.01.08/05/2023	12 Mei 2023
Lamp	: Proposal Skripsi	
Hal	: Permohonan Izin Riset	

Kepada Yth.
Kepala Sekolah MA Negeri 2 Tegal
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Nanda Amaliyah
NIM : 1908056032
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika
Judul Penelitian : Pengembangan E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Dosen Pembimbing : 1. Susilawati, M.Pd
2. Drs. Jasuri, M.Si

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut Meminta ijin melaksanakan Riset di MAN 2 Tegal, yang akan dilaksanakan tanggal 13 Mei – 26 Agustus 2023

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 21 Surat Keterangan Pasca Penelitian



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KABUPATEN TEGAL
MADRASAH ALIYAH NEGERI 2 TEGAL
Jalan Gampri Nomor 01 Pagerbarang Kab. Tegal 52462
Telepon 08112898267

SURAT KETERANGAN

Nomor: 142/Ma.11.28.02/PP.00.6/08/2023

Yang bertandatangan di bawah ini Kepala Madrasah Aliyah Negeri 2 Tegal, menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama	: Nanda Amaliyah
NIM	: 1908066032
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Program Studi	: Pendidikan Fisika
Universitas	: Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
Judul Penelitian	: Pengembangan E-Modul Bermuatan Etnosains Materi hukum Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

adalah benar-benar telah melaksanakan penelitian dan praktek mengajar Bidang Studi Fisika di Madrasah Aliyah Negeri 2 Tegal mulai tanggal 13 Mei 2023 sampai dengan tanggal 26 Agustus 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan seperlunya.



Pagerbarang, 30 Agustus 2023

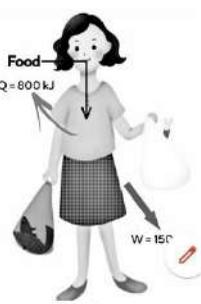
Kepala,

KASTURI

Lampiran 22 Tangkapan Layar Muatan Etnosains E-Modul Etno-Termo

Latihan Soal 2
 Rangkailah latihan soal berikut ini untuk meningkatkan keterampilan **mempertimbangkan kredibilitas sumber!**

di atas sebesar 650 kJ?

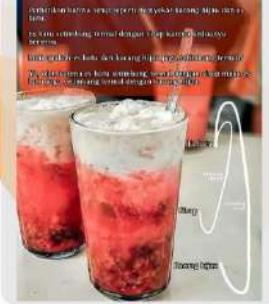


16

tiga, maka kedua ekstrem tersebut berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain. Ketika dua benda berada dalam kesetimbangan termal, temperatur kedua benda adalah sama dan tidak ada energi yang mengalir dari satu benda ke benda lain.

Jawaban: Setengah

Awali dengan selesama gambar tentang kesetimbangan termal pada es krim yang dibawahi ini untuk meningkatkan keterampilan **mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi!**



15

Latihan Soal 1
 Rangkailah latihan soal berikut ini untuk meningkatkan keterampilan **bertanya dan menjawab suatu penjelasan atas hambatan!**

apa apa uap air atau benda dari luar sistem dan energi berupa kalor dapat keluar atau masuk dari sistem ke lingkungan. Lubang tersebut berfungsi sebagai tempat keluar tuangan air dan kelebihan uap dari dalam poci."

Buatlah satu pernyataan untuk uraian jawaban di atas!

17

Tugas 3
 Nama tahu apa saja? pada Gombak 10 (re. bakan)?



Gombak 10, Oles

Oles adalah sebuah seni masakan khas Tegul berupa gorengan berbentuk bulat dari tepung yang dan tepung terdapat yang baru beberapa ayunan dan oleh. Saat proses penggorengan oleh lebih dari minyak panas akan berpadam ke dalam oles yang banyak lebih rendah. Berhasil setelah merupakan penerapan dari Hukun Kaku Termodinamika.

Bagaimana ya jika menggoreng oles agar tidak meleleh? Jelaskan berdasarkan keterkaitannya dengan Hukun Kedua Termodinamika! (Jawablah pertanyaan tersebut untuk meningkatkan keterampilan **menemukan Hakekat**. Kamu bisa menggunakan sumber informasi dari jurnal dan wawancara dengan pedagang oles di sekitarmu.)

<https://doi.org/10.24041/1.1>



Tugas 3
 (Pengiriman Jawaban)

18

Lampiran 23 Dokumentasi Penelitian Uji Keterbacaan E-modul



Implementasi



Lampiran 24 Hasil Pengerjaan Tes Keterampilan Berpikir Kritis

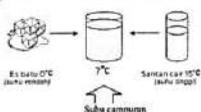
Pretest

TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ETNOSAINS MATERI HUKUM
TERMODINAMIKA (E-MODUL ETNO-TERMO) UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA

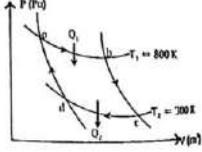
Nama Siswa : Abdihak Hadi Aduan Mata Pelajaran : FisikaKelas : XI (PA 1) Materi Pokok : TermodinamikaNo. Absen : 01 Waktu : 70 Menit**Petunjuk Umum**

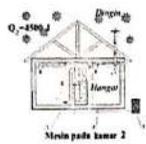
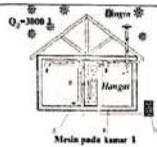
1. Tulis terlebih dahulu nama, kelas, nomor absen pada kolom yang telah disediakan.
2. Kerjakan soal pada kolom jawaban yang telah tersedia.
3. Kerjakan soal yang mudah terlebih dahulu.

20
9

No	Soal	Jawaban
1.	<p>Prita dan Astri melakukan eksperimen sederhana sembari membuat es lostrong. Mula-mula mereka memasukkan santan cair bersuhu 15°C ke dalam wadah kosong, kemudian memasukkan kembali es batu bersuhu 0°C. Mereka mengukur suhu campuran dalam wadah yang berisi campuran santan cair dan es batu tersebut.</p> <p>Hasil eksperimen mereka menunjukkan bahwa setelah beberapa saat santan cair dicampur dengan es batu, keduanya mengalami kesetimbangan termal. Proses pencampuran santan cair dan es batu tersebut merupakan penerapan Hukum Nol Termodinamika.</p>  <p>a. Buatlah 2 pertanyaan yang sesuai dengan wacana di atas!</p> <p>b. Tentukan jawaban dari pertanyaan yang telah kamu buat!</p>	<p>1. apakah yg dilakukan prita dan Astri</p> <p>3</p> <p>1. - Tempa Besar... Suhu campuran</p>

<p>2. Pak Slamet adalah seorang petni yang senang membawa teh panas dalam botol air plastik minum ketika bekerja di sawah pada malam hari. Namun, Pak Slamet sering mendapati tehnya sudah dingin karena dinding plastik botol tidak dapat mencegah kalor keluar dari botol. Ratih, anak Pak Slamet membelikan termos untuknya sebagai ganti dari botol air plastik agar Pak Slamet dapat menikmati teh yang hangat. Hal ini karena termos dapat menjaga suhu lebih lama dari wadah biasa.</p>  <p>a. Mengapa air dalam termos dapat bertahan lebih lama?</p> <p>b. Berdasarkan wacana di atas, tentukanlah mana yang termasuk sistem tertutup dan sistem terisolasi beserta alasannya!</p>	<p>a.) Dengan dinding dalam termos yang dirancah seperti kaca, maka kalor yang diradiasi pada air panas tersebut tidak bisa berpindah dengan cepat karena radiasi panas yang dipancarkan oleh air sedikit. ... dapat di tahan oleh dinding dalam termos yg terbuat dari bahan pengkilap</p> <p>b.) Sistem tertutup: Botol plastik, karena tidak bisa menahan panasnya dan ada suhu yang keluar dari botol</p> <p>Sistem terisolasi: Termos, karena memiliki bahan yang dapat mempertahankan suhu di dalam termos. Selungga & selimut panas : tidak dapat keluar</p>
<p>3. Bu Tuti menyantap sarapan sepiring nasi dengan lauk pada pagi hari sebagai sumber energi. Setelah itu, Bu Tuti langsung pergi ke pasar untuk Prepegan. Usaha yang ia dilakukan sebesar 150 kJ dan kalor yang diserap sebesar 600 kJ. Perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tuti sebesar 450 kJ.</p>  <p>a. Apa yang mempengaruhi perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tuti? Jelaskan!</p>	<p>a.) Kalor dan usaha karena tidak dapat pembatas yang menghalangi</p> <p>4 Pertukaran kalor dan usaha antara tubuh dan lingkungan</p> <p>b.) $\Delta U = Q - W$ $= 600 - 150$ $= 450$</p>

<p>b. Buktikan apakah perubahan energi dalam pada wacana di atas sebesar 450 kJ?</p>	<p>16</p>
<p>4. Sebuah mesin uap dalam laut di Pelabuhan Tegal bekerja antara 800 K dan 300 K. Dimana mesin uap tersebut mampu menyerap kalor (Q_1) sebesar 9.600 J. Menurut Pak Kus, mesin tersebut melakukan usaha sebesar 6.000 J.</p>  <p>a. Deskripsikan gambar siklus Carnot di atas dengan tepat!</p> <p>b. Buktikan kebenaran pernyataan Pak Kus pada wacana di atas!</p>	<p>16</p> <p>1. a. siklus pada mesin Carnot</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proses ab adalah pemuaian isoterma pada T_1. Sistem menyerap Q_1 dari T_1 dan w. • Proses bc adalah pemuaian adiabatik. T_1 menjadi T_2 dan melakukan w. • Proses cd adalah pemampatan isoterma pada T_2. Menyerap w dan melepas Q_2 ke T_2. <p>3</p>
<p>5. Desa Guci di Kecamatan Bumijawa merupakan daerah dataran tinggi di kaki Gunung Slamet yang bersuhu dingin. Villa di sekitar Taman Wisata Pemandian Air Panas Guci menggunakan pompa kalor untuk mengondisikan suhu ruangan. Sebuah pompa kalor pada salah satu villa menghasilkan kerja sebesar 1.500 J. Kalor yang diterima sebesar 3.000 J, sehingga koefisien kinerja mesin tersebut 3,0. Apabila kalor yang diterima dari lingkungan diperbesar menjadi 4.500 J (kamar 2), jawablah pertanyaan berikut ini:</p>	



- a. Mesin pada kamar mana yang lebih efisien dan kamu pilih apabila kamu menjadi pemilik villa tersebut? Kemukakan alasanmu!
- b. Apakah kesimpulanmu pada permasalahan di atas benar jika dihubungkan dengan koefisien kinerja pada alat tersebut?

Posttest

No _____

Date: _____

O Sun

O Mon

O Tu

O We

O Thu

O Fri

O Sa

35
4

87,5

ABIDZAR HADI ADWAN

XI IPA 1

Fisika

1. a.) Apa yang sedang dibuat oleh Prita dan Astri

2.) Kenapa proses tersebut termasuk Hukum Nol

3. Termodinamika

b.) Prita dan Astri sedang melakukan eksperimen

seederhana sembari membuat es longkrong.

2.) karena hukum nol Termodinamika berhubungan

dengan kesetimbangan panas antara benda yg

3. saling bersentuhan. Benda yang saling bersentuhan
yaitu santan cair dengan es batu

2. a. ~~Termos~~ termos memiliki dinding dalam rangkai yang

ditancang membentuk seperti kaca, sehingga kalor yang

4. dipancarkan oleh air mendidih ini dapat ditahan oleh
dinding dalam termos.

b. Sistem tertutup: Botol minum, karena tidak bisa

mempertahankan panasnya dan ada energi yg

keluar dari botol sehingga dikatakan sistem tertutup.

4. Sistem terisolasi: Termos, karena bahan dan struktur

dari termos tersebut dapat mempertahankan panas

sehingga tidak ada energi yg keluar.

SISWA

No. _____

Date _____ Sun Mon Tues Wed Thu Fri Sat

3. a. yang mempengaruhi perubahan energi dalam tubuh
 betutu adalah kalor dan usaha.

Hai ini dikarenakan tidak adanya pembatasan
 4 yang menghalangi pertukaran kalor dan usaha
 antara sistem (tubuh) dan lingkungan.

b. Diket : $Q = 600 \text{ kJ}$
 $W = 150 \text{ kJ}$

Dit : ΔU

4 Jawab $\Delta U = Q - W$

$\Delta U = 600 - 150$

$\Delta U = 450 \text{ kJ}$

4. a. - proses ab adalah pemuaian ~~isopi~~ isoterml
 pada T_1 sistem menyerap Q_1 dari T_2 dan melakukan
 W

- proses bc adalah pemuaian adiabatik T_1 menjadi
 3 T_2 dan melakukan W .

- proses cd adalah pemampatan isoterml pada
 T_2 sistem menerima W dan melepas Q_2 ke T_2

b. Diket $\eta = ?$

$T_1 = 800 \text{ k}$

$T_2 = 300 \text{ k}$

$W = 3.600 \text{ J}$

3 $Q_1 = 9.600 \text{ J}$

$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$

$= \frac{800 - 300}{800} \times 100\%$

$\eta = 62,5\%$

$-W = \frac{Q_1 \times \eta}{100\%}$

$3600 \text{ J} = \frac{9.600 \times 62,5\%}{100\%}$

$= \frac{6000}{3600}$

$= 1,6$

SISWA

Pretest
No. _____
Date: _____

62,5

$\frac{25}{4}$

<input type="checkbox"/>	a.	berapa suhu mula-mula peltan dan listrik saat melakukan eksperimen?
<input checked="" type="checkbox"/>		apa yang diukur di labnya? Saat saat ini ferit di campur dengan es batu?
<input type="checkbox"/>	b.	-15°C
<input type="checkbox"/>		Mengalami kesetimbangan termal.
<input type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	2	a. karena bahan dari tremosnya tahan lama / bisa seisiu
<input type="checkbox"/>		Lertutup rapat sehingga hingga tidak ada udara masuk ke dalam tremos atau udara dalam keluar
<input type="checkbox"/>	b.	tutup tremos \rightarrow salah satu sistem tertutup.
<input type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	3	a. Sarapan Spiring nasi \rightarrow karena setelah makan butuh langsung bersi ke besar untuk peragaan dan den untuk usaha
<input type="checkbox"/>	b.	$AV = Q \cdot w$
<input type="checkbox"/>		$Y_{\text{toy}} = 150 \text{ kJ} - 600 \text{ kJ}$
<input type="checkbox"/>		$Y_{\text{soley}} = 450 \text{ kJ}$
<input type="checkbox"/>	b.	$\rightarrow \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ <small>\rightarrow satu dingin (k)</small>
<input type="checkbox"/>		$T_1 \rightarrow$ suhu panas (k)
<input type="checkbox"/>		$\Rightarrow w = \frac{Q_1 \times \eta}{100\%}$
<input checked="" type="checkbox"/>		$= \frac{600 \text{ kJ} - 300}{800} \times 100\% = 25\%$
<input type="checkbox"/>		$6000 \text{ J} = \frac{9 \cdot 600 \text{ J}}{100\%} \times \eta$
<input type="checkbox"/>		$6000 \text{ J} = 96\%$
<input type="checkbox"/>		$= 6000 \text{ J} - 96\% = 5.424$
<input checked="" type="checkbox"/>	a.	kamar 1 ($Q_1 = 300^{\circ}$)
<input type="checkbox"/>		$Q_1 = w + Q_2$
<input checked="" type="checkbox"/>	b.	kamar 2 ($Q_2 = 4.500$)
<input type="checkbox"/>		$Q_1 = w + Q_2$
<input type="checkbox"/>		menurut saya kamar 3 lebih efisien karena tidak teralir dingin

Nama: Agung Pratikto
Kelas: XI IPA 2
No: 01

80

Posttest

Nilai: _____
Rata-rata: $\frac{32}{1}$

- 1) a - Penyalutan atau yg terjadi pada permukaan es lontaran.
- 3) b - Besar suhu komputer.
- b - Terjadi proses perubahan wujud dari cair ke padat.
- Suhu es batu + suhu ruangan cair.
- 2
- $0^{\circ}\text{C} + 15^{\circ}\text{C} = 7,5^{\circ}\text{C}$ 32
- 2
- 3) a Terjadi pemuaian ledang dengan ranggula yg akan menyebabkan
- seperti kaca, sehingga kalor yang di pancarkan oleh air menjadi
- ini dalam ledang oleh ledang dalam bentuk dengan kaca lain.
- 3) b radius panas yang di pancarkan oleh air menjadi ini saat
- saat ledang oleh ledang dengan terdapat yang terbelat dari
- bahan mengkilap ini.
- b - sistem pendingin: gelas minum karena dengan plastik bahan
- ledang gelas sehingga keluar keluar dari gelas
- sistem pendingin: gelas, karena gelas terdapat ledang
- 4) yang dapat menyerap terdapat 2a merupakan kalor
- keluar sehingga dapat menyerabutkan suhu ledang lain
- dari wadah gelas
- 3) - gelas di suhu ruangan karena tidak terdapat pemuaian
- yg akan menyebabkan pemuaian ja wadah yang terjadi antara
- 4) Sistem pendingin dan ledang yang di pasangkan energi ledang
- yaitu, $E = E_k + E_p$ namun karena besar energi kinetik
- dan energi potensial $\frac{1}{2}mv^2$ dan mgh sistem, tidak dapat diukur
- dan besar energi diukur sebagai sistem yang ada diukur dengan

No. _____
Date: _____

yg adalah besar perubahan energi dim suatu sistem

t. Diket: $Q = 600$

$w = 150$

Ditanya: $\Delta U = ?$

4. Jwb: $\Delta U = Q - w$

$\Delta U = 600 - 150$

$= 450 \text{ kJ}$

5. b. Diket $Q_2 = 3000 \text{ J}$

$C_p = 3.0$

$Q_2 = 4.500 \text{ J}$

$w = 1500 \text{ J}$

4. Dit: C_p

Jwb: $C_p = \frac{Q_2}{w}$

$= \frac{3000}{1500} = 2$

$C_p = \frac{Q_2}{w} = \frac{4500}{1500} = 3.0$

~ Semakin besar kalor yg diterima maka koefisien kerjanya semakin besar.

~ koefisien energi yg semakin tinggi.

~ maka alat tsb lebih baik dan efisien.

5. a. $Q_1 = w + Q_2$ (kamar 1)

$Q_1 = 1.500 + 3000$

$Q_1 = 4.500$

3. (kamar 2)

$Q_1 = w + Q_2$

$Q_1 = 1.500 + 4.500$

} $Q = 6000 \text{ J}$
menurut saya lebih efisien mesin pd kamar 2 karena dapat mendinginkan kalor lebih banyak.

No. _____

Date: _____

<input checked="" type="checkbox"/>	a.	Tahap a-b
<input type="checkbox"/>		Gas menyerap kalor Q , pada temperatur T_1 ,
<input type="checkbox"/>		suhu sistem sama dengan suhu reservoir panas, sehingga
<input type="checkbox"/>		terjadi proses isotermis
<input type="checkbox"/>		- Tahap b-c
<input type="checkbox"/>		Beban penggerak dikurangi, sehingga gas memuai
<input type="checkbox"/>		menurut proses adiabatik ($Q=0$) terjadi penurunan
<input type="checkbox"/>		energi dalam dan suhu sistem menurun sampai
<input type="checkbox"/>		sama dengan suhu pada reservoir dingin T_2
<input type="checkbox"/>		- Tahap c-d
<input type="checkbox"/>		Gas mengalami penyusutan secara isotermis dengan
<input type="checkbox"/>		membebaskan kalor Q_2 pada reservoir dingin pada
<input type="checkbox"/>		temperatur T_2 , sehingga sistem menerima usaha
<input type="checkbox"/>		$W_{cd} = -Q_2$
<input type="checkbox"/>		- Tahap d-a
<input type="checkbox"/>		Beban penggerak ditambah, sehingga gas menyusut
<input type="checkbox"/>		secara adiabatik ($Q=0$) terjadi penambahan energi
<input type="checkbox"/>		dalam dan suhu naik sampai sama dengan suhu
<input type="checkbox"/>		pada reservoir T_1
<input type="checkbox"/>	b.	Diket $T_1 = 800 \text{ K}$ $T_2 = 300 \text{ K}$
<input type="checkbox"/>		$T_2 = 300 \text{ K}$
<input type="checkbox"/>		Ditanya $w = \dots ?$
<input type="checkbox"/>		$w_{ab} = n \cdot (T_1 - T_2) \times 100\%$
<input type="checkbox"/>		$n = \frac{T_1}{800} = \frac{800 - 300}{800} \times 100\%$

Lampiran 25 Link E-Modul Etno-Termo

<https://heyzine.com/flip-book/a881729a93.html>

Lampiran 26 Tampilan E-Modul Etno-Termo



KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena telah memudahkan penulis untuk menyelesaikan pembuatan modul pembelajaran elektronik untuk kelas XI ini. E-modul dibuat sebagai bahan ajar untuk mempelajari materi Termodinamika. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan e-modul ini, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran agar lebih baik lagi kedepannya. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyusunan e-modul. Semoga e-modul ini bermanfaat untuk kita semua, khususnya bagi siswa.

Semarang, 14 Mei 2023

Penulis





DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	DAFTAR ISI	PENDAHULUAN
KEGIATAN BELAJAR 1	KEGIATAN BELAJAR 2	KEGIATAN BELAJAR 3
Uraian Materi 1	Uraian Materi 2	Uraian Materi 3
Rangkuman 1	Rangkuman 2	Rangkuman 3
Tugas 1	Tugas 2	Tugas 3
Latihan Soal 1	Latihan Soal 2	Latihan Soal 3
Penilaian Diri 1	Penilaian Diri 2	Penilaian Diri 3
EVALUASI	KUNCI JAWABAN	GLOSARIUM
	DAFTAR PUSTAKA	



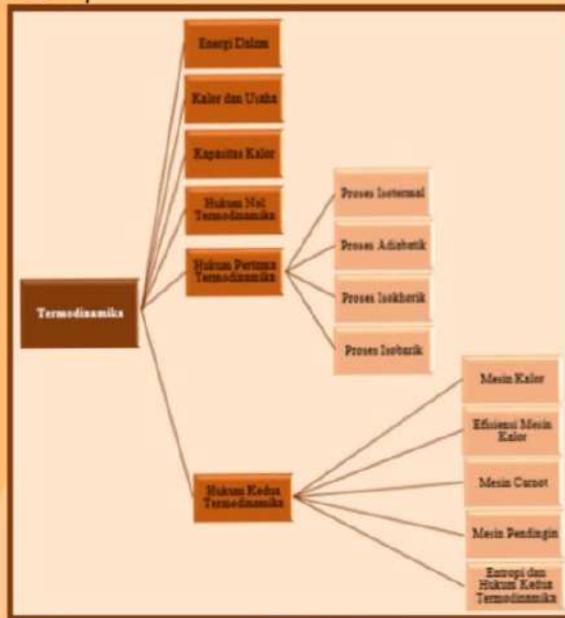
PENDAHULUAN

Kompetensi Dasar

3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan hukum Termodinamika

4.7 Membuat karya/model penerapan hukum I dan II Termodinamika berikut presentasi makna fisiknya

Peta Konsep





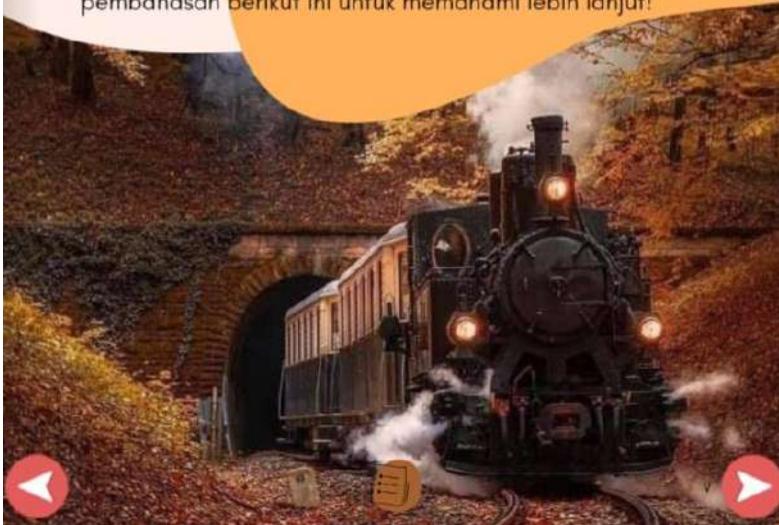
Petunjuk Penggunaan

1. Sebelum belajar, terlebih dahulu berdoa kepada Tuhan Yang Maha Esa agar ilmu yang kamu peroleh dapat bermanfaat dan membawa keberkahan.
2. Klik tombol navigasi judul/subjudul pada Daftar Isi untuk beralih ke bagian yang kamu inginkan dan tombol navigasi daftar isi pada sisi bawah tengah tiap halaman untuk beralih ke Daftar Isi.
3. Pahami dengan baik alur peta konsep dan uraian materi yang disajikan.
4. Kerjakan tugas dan latihan soal pada link yang tersedia secara jujur agar dapat diketahui sejauh mana pencapaian kompetensimu setelah mempelajari materi.

iv

Konteks

Hal-hal yang berhubungan dengan prinsip termodinamika sebenarnya sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Pernahkah kalian melihat kereta lokomotif yang menggunakan mesin uap? Kereta tersebut menerapkan prinsip termodinamika. Energi panas yang dihasilkan melalui pembakaran batubara diubah menjadi energi mekanik yang dapat menggerakkan roda kereta. Contoh lain dari penerapan prinsip termodinamika yaitu pada proses menggoreng olos. Olos termasuk salah satu jajan khas Tegal yang lezat bukan? Namun, saat olos digoreng sering kali terjadi letupan. Menurutmu, apa penyebab dan bagaimana cara menanganinya? Yuk ikuti pembahasan berikut ini untuk memahami lebih lanjut!



KEGIATAN BELAJAR 1

(Energi Dalam, Kalor dan Usaha, Kapasitas Kalor, dan Hukum Nol Termodinamika)

Tujuan Pembelajaran

Setelah melakukan pembelajaran menggunakan E-modul Etno-Termo, siswa diharapkan dapat:

1. Membangun keterampilan dasar (*basic support*) dalam mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi.
2. Memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*) dalam bertanya dan menjawab suatu penjelasan atau tantangan.

Uraian Materi 1

Termodinamika merupakan bidang yang mempelajari proses tentang energi yang dipindahkan sebagai kalor dan usaha. Pembahasan tentang termodinamika mengacu pada sistem dan lingkungan.

Sistem adalah sesuatu yang ingin ditinjau. Sistem dikategorikan menjadi tiga yaitu:

- Sistem terbuka yaitu sistem yang memungkinkan massa dan energi masuk atau keluar sistem. Contoh: air dalam gelas yang terbuka.
- Sistem tertutup yaitu sistem yang hanya memungkinkan energi masuk atau keluar sistem. Contoh: air dalam gelas yang ditutup.
- Sistem terisolasi yaitu sistem yang tidak memungkinkan massa dan energi masuk atau keluar sistem. Contoh: air dalam termos.

Lingkungan adalah segala sesuatu selain sistem di alam semesta.



Muatan Esensial

Teh poci seperti Gambar 1 di bawah termasuk sistem apa ya?



Gambar 1. Teh Poci

Jika air teh dalam poci menjadi sistem dan dinding poci beserta benda luar selain air teh menjadi lingkungan, maka sistem tersebut adalah sistem terbuka. Hal ini karena poci memiliki lubang sehingga massa berupa uap teh atau benda dari luar sistem dan energi berupa kalor dapat berpindah dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya. Lubang tersebut berfungsi sebagai tempat keluar tuangan air dan uap dari dalam poci.

A. Energi Dalam

Energi dalam merupakan jumlah energi kinetik dan energi potensial yang berhubungan dengan molekul-molekul zat. Perubahan energi dalam direpresentasikan oleh Persamaan 1:

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (1)$$

Perubahan energi dalam pada sistem yang berubah dari suhu awal T_1 ke suhu akhir T_2 , dinyatakan oleh Persamaan 2 dan 3 berikut ini:

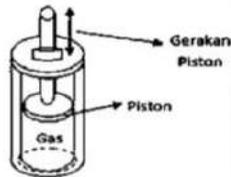
$$\Delta U = \frac{3}{2}nRT \quad (\text{gas monoatomik}) \quad (2)$$

$$\Delta U = \frac{5}{2}nRT \quad (\text{gas diatomik}) \quad (3)$$

B. Kalor dan Usaha

Sebuah sistem berupa gas terisolasi dalam sebuah silinder dengan piston bergerak dipanaskan. Piston mengalami gaya ke atas karena tekanan gas sama dengan berat yang diberikan oleh timah pada bagian atas piston. Gas mendorong piston ke atas melalui perpindahan ds dengan gaya ke atas F , seperti ilustrasi dan Gambar 2 berikut.





Gambar 2. Gas dalam Sebuah Tabung yang Dilengkapi dengan Piston yang Dapat Bergerak

Oleh karena perpindahan yang kecil, dapat diasumsikan bahwa F adalah konstan. Maka, F memiliki besar yang sama dengan PA . Usaha diferensial yang dilakukan oleh gas selama perpindahan dinyatakan oleh Persamaan 4:

$$dW = \vec{F} d\vec{s} = (PA)(d\vec{s}) = P(A d\vec{s}) = PdV \quad (4)$$

Usaha yang dilakukan oleh gas ditentukan dengan Persamaan 5:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (5)$$

Keterangan:

W : Usaha (J)

F : Gaya (N)

s : Perpindahan (m)

P : Tekanan (N/m²)

A : Luas penampang (m²)

V : Volume (m³)

C. Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor merupakan jumlah kalor yang digunakan untuk menaikkan satu derajat temperatur suatu zat. Kapasitas kalor C dari suatu benda bernilai konstan antara kalor Q yang dilepas atau diserap dengan perubahan suhu ΔT yang dihasilkan oleh benda seperti direpresentasikan pada Persamaan 6.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{Q}{T_2 - T_1} \quad (6)$$

Keterangan:

C : Kapasitas kalor (J/K)



Q : Kalor yang dilepas atau diserap (J)

T_1 : Suhu awal (K)

T_2 : Suhu akhir (K)

Kapasitas kalor pada tekanan tetap:

$$C_p = \frac{Q_p}{\Delta T}$$

Kapasitas kalor pada volume tetap:

$$C_v = \frac{Q_v}{\Delta T}$$

Kapasitas kalor gas monoatomik:

$$C_p = \frac{3}{2}nR; C_v = \frac{5}{2}nR; \gamma = \frac{5}{3} = 1,67$$

Kapasitas kalor gas diatomik:

$$C_p = \frac{5}{2}nR; C_v = \frac{7}{2}nR; \gamma = \frac{7}{5} = 1,40$$

D. Hukum Nol Termodinamika

Muatan Sains

Apa yang akan terjadi jika dua benda atau lebih yang berbeda suhu dipertemukan seperti pada Gambar 3?



Gambar 3. Es Lontrong

Perhatikan campuran es batu, santan, sirup, cinau hitam, dan kacang hijau dalam es lontrong. Sebelum dicampurkan, suhu es batu lebih rendah daripada bahan-bahan lain. Setelah dicampurkan, suhu es batu mengalami kenaikan dan suhu bahan-bahan lain mengalami penurunan. Lama kelamaan suhu es batu dan bahan-bahan lain akan tepat sama. Kondisi saat suhu semua bahan sama disebut kesetimbangan termal. Hal ini akan selalu terjadi pada saat dua buah benda atau lebih yang berbeda suhu dipertemukan. Oleh karena terjadi kesetimbangan termal, kita dapat menikmati segelas es lontrong yang dingin.

Fenomena kesetimbangan termal di atas merupakan penerapan dari Hukum Nol Termodinamika yang menyatakan bahwa jika dua sistem



masing-masing berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka kedua sistem tersebut berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain. Ketika dua benda berada dalam kesetimbangan termal, temperatur kedua benda adalah sama dan tidak ada energi yang mengalir dari satu benda ke benda lain.

Muatan Sainsains

Amati dengan seksama gambar tentang kesetimbangan termal pada es lontong dibawah ini untuk meningkatkan keterampilan **mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi!**

Perhatikan bahwa sirup seperti menyekat kacang hijau dan es batu.

Es batu setimbang termal dengan sirup karena keduanya bertemu.

Lalu apakah es batu dan kacang hijau juga setimbang termal?

Ya, oleh karena es batu setimbang termal dengan sirup maka es batu juga setimbang termal dengan kacang hijau.



Rangkuman 1

- Sistem adalah sesuatu yang ingin ditinjau. Sistem dikategorikan menjadi tiga yaitu sistem terbuka, sistem tertutup, dan sistem terisolasi.
- Lingkungan adalah segala sesuatu selain sistem di alam semesta.
- Perubahan energi dalam: $\Delta U = U_2 - U_1$
- Perubahan energi dalam pada sistem yang berubah dari suhu awal ke suhu akhir: $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$ (gas monoatomik)
 $\Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T$ (gas diatomik)
- Usaha yang dilakukan oleh gas: $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$
- Kapasitas kalor: $C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{Q}{T_2 - T_1}$
- Hukum Nol Termodinamika: "Jika dua sistem masing-masing berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka kedua sistem tersebut berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain".

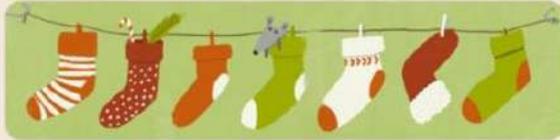
Tugas 1

Mainkanlah permainan labirin tentang **Uraian Materi 1** berikut ini!



Latihan Soal 1

Kerjakanlah latihan soal berikut ini untuk meningkatkan keterampilan bertanya dan menjawab suatu penjelasan atau tantangan!



Latihan Soal 1

Pilihlah jawaban yang tepat!

nandaamaliyah05@gmail.com

[Ganti akun](#)



* Menunjukkan pertanyaan y
wajib diisi



Penalaran Diri 1

Renugkanlah pertanyaan di bawah ini!

Apabila menjawab "Ya", berarti kamu telah memahami dan menerapkan materi. Namun, apabila menjawab "Tidak", berarti kamu perlu mengulang materi terkait. Semangat!

1. Apakah kamu mampu mengobservasi dan mempertimbangkan pembahasan tentang kesetimbangan termal pada es lontong?
2. Apakah kamu mampu bertanya dan menjawab tentang sistem termodinamika dan Hukum Nol Termodinamika pada Latihan Soal 1?



YA



TIDAK



8



KEGIATAN BELAJAR 2

(Hukum Pertama Termodinamika)

Tujuan Pembelajaran

Setelah melakukan pembelajaran menggunakan E-modul Etno-Termo, siswa diharapkan dapat:

1. Menyimpulkan (*inference*) dalam membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan
2. Membangun keterampilan dasar (*basic support*) dalam mempertimbangkan kredibilitas sumber

Uraian Materi 2

Hukum Pertama Termodinamika

Hukum Pertama Termodinamika berbunyi: perubahan energi dalam (ΔU) yang merupakan sebuah sistem tertutup, akan sama dengan energi kalor (Q) yang diterima oleh sistem melalui pemanasan dikurangi usaha (W) yang dilakukan oleh sistem pada sekitarnya. Hukum ini menyatakan bahwa energi dapat dikonservasikan. Hukum Pertama Termodinamika dirumuskan oleh Persamaan 7:

$$\Delta U = Q - W \quad (7)$$

Keterangan:

ΔU : Perubahan energi dalam (J)

Q : Kalor yang diterima atau dilepas oleh sistem (J)

W : Usaha yang dilakukan atau diterima oleh sistem (J)

Catatan:

- W bernilai positif (+) jika usaha dilakukan oleh sistem, dan bernilai negatif (-) jika usaha dilakukan pada sistem.
- Q bernilai positif (+) jika kalor diterima oleh sistem, dan bernilai negatif (-) jika kalor dilepas oleh sistem.



Muatan Sains

Apa yang arti dari “energi dapat dikonservasikan” pada Hukum Pertama Termodinamika?

Artinya, jumlah energi internal suatu sistem adalah tetap. Namun, energi tersebut dapat berubah menjadi bentuk energi lainnya seperti usaha dan juga panas.

Perhatikan contoh ini: Seseorang mengonsumsi makanan untuk mendapatkan energi sebelum Prepegan ke pasar seperti pada Gambar 4. Dari 100% energi yang masuk, hanya sekitar 60% persennya yang dijadikan tenaga untuk bergerak selama Prepegan dan mempertahankan fungsi tubuh. Namun, bukan berarti 40% energi sisanya hilang, melainkan energi tersebut digunakan untuk metabolisme dan dibuang ke lingkungan sebagai panas tubuh.



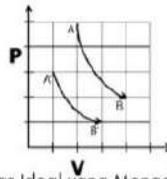
Gambar 4. Prepegan

Hukum Pertama Termodinamika dapat menjelaskan beberapa proses termodinamika berikut ini:

A. Proses Isotermal ($\Delta T = 0$)

Proses isotermal adalah suatu proses ideal seperti menambahkan kalor atau melakukan usaha yang dilakukan pada temperatur konstan. Diasumsikan suatu gas ideal dalam tabung yang dilengkapi dengan piston (Gambar 2) mula-mula memiliki keadaan seperti yang digambarkan oleh titik A pada Gambar 5. Kemudian, sejumlah kalor Q ditambahkan ke dalam sistem sehingga tekanan P dan volume V berubah seperti yang digambarkan oleh titik B. Adapun kurva A'B' menggambarkan proses isotermal pada suhu yang lebih rendah sehingga $PV = nRT = \text{konstan}$ yang dihasilkan lebih rendah daripada kurva AB.

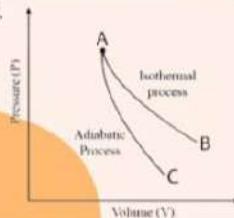




Gambar 5. Diagram PV Gas Ideal yang Mengalami Proses Isotermal pada Dua Temperatur yang Berbeda

B. Proses Adiabatik ($Q = 0$)

Proses adiabatik adalah proses di mana tidak ada kalor yang mengalir ke dalam maupun ke dalam sistem. Kurva AC pada Gambar 6 menggambarkan pemuaiannya pada proses adiabatik, sedangkan kurva AB merupakan gambaran proses isotermal. Hasil kali $PV (=nRT)$ titik C lebih kecil daripada titik B.



Gambar 6. Diagram PV Proses Adiabatik (AC) dan Isotermal (AB) Mengapa hasil kali $PV (=nRT)$ pada titik C (adiabatik) lebih kecil daripada titik B (isotermal)?

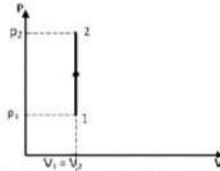
Sistem pada titik C (adiabatik) melakukan usaha ke lingkungan, namun tidak ada energi yang masuk untuk mengimbangnya sehingga temperatur (T) menurun. Oleh karena temperatur (T) menurun, tekanan (P) mengalami penurunan yang drastis. Adapun sistem pada titik B (isotermal), ada energi yang ditambahkan ke dalam sistem sehingga tidak menyebabkan temperatur (T) dan tekanan (P) menurun drastis.

C. Proses Isokhorik ($\Delta V = 0$)

Proses isokhorik merupakan proses di mana volume dijaga konstan. Dia-



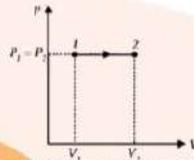
gram PV pada Gambar 7 merepresentasikan proses isokhorik dengan garis vertikal lurus.



Gambar 7. Diagram PV Proses Isokhorik

D. Proses Isobarik ($\Delta P = 0$)

Proses isobarik yaitu proses di mana tekanan dijaga konstan, sebagaimana direpresentasikan oleh garis horizontal lurus pada diagram PV Gambar 8.



Gambar 8. Diagram PV Proses Isobarik

Perhatikan Gambar 9 di bawah ini agar kamu lebih memahami tentang proses isoterml, adiabatik, isokhorik, dan isobarik!

Proses Isoterml

Kondisi Awal

Kondisi Akhir

Proses Isoterml

PERSAMAAN KEHUKUM $P_1V_1 = P_2V_2$

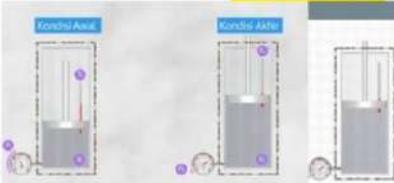
USAH $W = P\Delta V \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

PERTUBAHAN ENERGI DALAM $\Delta U = 0$

ENERGI 1 TERKONDISIKAN $Q = W$



Proses Adiabatik



Proses Adiabatik

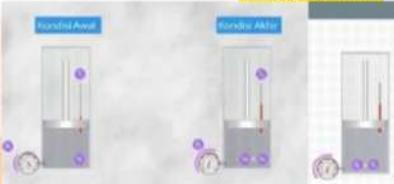
PERSAMAAN KEAMANAN $P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$

ISUWU $W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$

KALOR $Q = 0$

PERUBAHAN ENERGI $\Delta U = -W$

Proses Isokhorik



Proses Isokhorik

PERSAMAAN KEAMANAN $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

ISUWU $W = 0$

KALOR $Q = C_v(T_2 - T_1) = C_v \Delta T$

PERUBAHAN ENERGI $Q = \Delta U$

Proses Isobarik



Proses Isobarik

PERSAMAAN KEAMANAN $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

ISUWU $W = P(V_2 - V_1) = P \Delta V$

KALOR $Q = C_p(T_2 - T_1) = C_p \Delta T$

PERUBAHAN ENERGI $\Delta U = C_p \Delta T - P \Delta V$

Gambar 9. Proses Isotermal, Adiabatik, Isokhorik, dan Isobarik

Contoh Soal

- Sebanyak $1,5 \text{ m}^3$ gas helium yang bersuhu 27°C dipanaskan secara isobarik sampai 87°C . Jika tekanan gas helium $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, tentukanlah usaha luar yang dilakukan oleh gas helium!

Pembahasan

Diketahui:

$$V_1 = 3 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 327^\circ\text{C} = 600 \text{ K}$$

$$T_2 = 447^\circ\text{C} = 720 \text{ K}$$

$$P = 4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

W ... ?

Jawab:

- Mencari V_2

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1} \times T_2$$

$$V_2 = \frac{3}{600} \times 720$$

$$V_2 = 3,6 \text{ m}^3$$

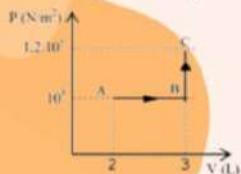
- Mencari W

$$W = P\Delta V$$

$$W = 4 \times 10^5 (3,6 - 3)$$

$$W = 2,4 \times 10^5$$

2. Perhatikan grafik proses suatu gas di bawah ini!



Berapakah usaha total yang dilakukan oleh gas?

Pembahasan

Diketahui:

$$P_A = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_A = 2 \text{ liter} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_B = 3 \text{ liter} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ditanya:

 W_{total} ... ?

Jawab:



- Mencari W_{AB} (isobarik)

$$W = P\Delta V$$

$$W_{AB} = P_{AB}(V_B - V_A)$$

$$W_{AB} = P_{AB}(V_B - V_A)$$

$$W_{AB} = 10^5(3 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3})$$

$$W_{AB} = 100 \text{ J}$$
- Mencari W_{BC} (isokhorik)

$$W = P\Delta V$$

$$W_{BC} = P_{BC}(0)$$

$$W_{BC} = 0$$
- Mencari W_{total}

$$W_{total} = W_{AB} + W_{BC}$$

$$W_{total} = 100 + 0$$

$$W_{total} = 100 \text{ J}$$

Rangkuman.2

- Hukum Pertama Termodinamika: "Perubahan energi dalam (ΔU) yang merupakan sebuah sistem tertutup, akan sama dengan energi kalor (Q) yang diterima oleh sistem melalui pemanasan dikurangi usaha (W) yang dilakukan oleh sistem pada sekelilingnya
- Persamaan Hukum Pertama Termodinamika: $\Delta U = Q - W$

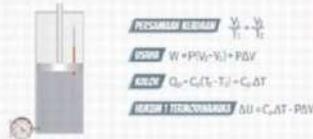
Proses Isokhorik

Proses Isokhorik



Proses Isobarik

Proses Isobarik



Proses Isotermal	Proses Adiabatik
 <p>PERSAMAAN KELOMPOK $PV = P_0V_0$</p> <p>ISIB $W = P_0V_0 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$</p> <p>PERUBAHAN ENERGI DALAM $\Delta U = 0$</p> <p>HUKUM I TERMODINAMIKA $Q = W$</p>	 <p>PERSAMAAN KELOMPOK $PV^\gamma = P_0V_0^\gamma$</p> <p>ISIB $W = \frac{P_0V_0 - P_1V_1}{\gamma - 1}$</p> <p>KALOR $Q = 0$</p> <p>HUKUM I TERMODINAMIKA $\Delta U = -W$</p>

Tugas 2

Praktikum Sederhana

Menganalisis Peristiwa yang Berhubungan dengan Hukum Pertama Termodinamika untuk Meningkatkan Keterampilan **Membuat dan Mempertimbangkan Nilai Keputusan**

Tujuan: Membuktikan Hukum Pertama Termodinamika

Alat dan Bahan:

1. Lilin (1 buah)
2. Gelas (1 buah)
3. Balon (2 buah)
4. Korek api (1 buah)
5. Air (Secukupnya)

Cara Kerja:

Percobaan 1

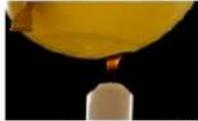
1. Hidupkan dan masukkan lilin ke dalam gelas.
2. Tiuplah balon secukupnya.
3. Letakkan balon di atas gelas yang berisi lilin dan amatilah apa yang terjadi.

Percobaan 2

1. Hidupkan kembali lilin apabila padam.



2. Tiuplah balon dan isikan air ke dalamnya.
3. Letakkan balon berisi air di atas gelas berisi lilin dan amatilah apa yang terjadi.



Setelah melakukan percobaan di atas, jawablah pertanyaan berikut ini:

1. Apa yang terjadi ketika balon kosong diletakkan di atas api?
2. Apa yang terjadi ketika balon berisi air diletakkan di atas api?
3. Mengapa peristiwa pada Percobaan 1 dan Percobaan 2 dapat terjadi?
4. Simpulkan keterkaitan peristiwa pada Percobaan 1 dan Percobaan 2 dengan Hukum Pertama Termodinamika?

LINK PENGUMPULAN **TUGAS 2**:



Tugas 2

(Pengiriman Jawaban)

nandaamaliyah05@gmail.com



Latihan Soal 2

Kerjakanlah latihan soal berikut ini untuk meningkatkan keterampilan **mempertimbangkan kredibilitas sumber!**



Latihan Soal 2

Pilihlah jawaban yang tepat!

nandaamaliyah05@gmail.com

[Ganti akun](#)



* Menunjukkan pertanyaan yang wajib diisi



Penalaran Diri 2

Renungkanlah pertanyaan di bawah ini!

Apabila menjawab "Ya", berarti kamu telah memahami dan menerapkan materi. Namun, apabila menjawab "Tidak", berarti kamu perlu mengulang materi terkait. Semangat!

1. Apakah kamu mampu membuat dan mempertimbangkan kesimpulan tentang percobaan hukum pertama termodinamika pada Tugas 2?
2. Apakah kamu mampu mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber tentang hukum pertama termodinamika pada Latihan Soal 2?



YA



TIDAK



KEGIATAN BELAJAR 3

(Hukum Kedua Termodinamika)

Tujuan Pembelajaran

Setelah melakukan pembelajaran menggunakan E-modul Etno-Termo, siswa diharapkan dapat:

1. Memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*) dalam mendefinisikan istilah dan mempertimbangkannya.
2. Menyusun strategi dan taktik (*strategy and tactics*) dalam menentukan tindakan.
3. Memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*) pada menganalisis argumen.
4. Memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*) dalam mengidentifikasi asumsi.

Uraian Materi 3

Hukum Kedua Termodinamika

Pernyataan Kelvin-Planck: Tidak ada alat yang mampu mengubah sejumlah tertentu kalor seluruhnya menjadi usaha.

Pernyataan Clausius: Kalor dapat mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah, kalor tidak dapat mengalir secara spontan dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu lebih tinggi.

Muatan Sainsains

Tubuh yang merasa hangat ketika mandi di pemandian air panas Guci seperti pada Gambar 10 merupakan contoh peristiwa yang membuktikan bahwa kalor mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah. Benda bersuhu tinggi dalam hal ini yaitu air hangat berlerang di pemandian air panas Guci, sedangkan benda bersuhu lebih rendah adalah tubuh kita. Air hangat berlerang tersebut bermanfaat untuk melancarkan aliran darah, melemaskan



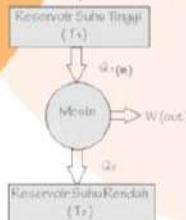
ketegangan otot, membersihkan dan meredakan peradangan kulit, menenangkan pikiran, dan lain-lain. Namun, terlalu lama berendam dalam air belerang dan banyak kalor yang masuk ke dalam tubuh memiliki beberapa resiko. Resiko tersebut yaitu kulit kering, luka bakar, dehidrasi, syok, hipotensi, heat stroke, henti jantung, bahkan kematian pada orang dengan gangguan medis tertentu. Oleh karena itu, orang dewasa sehat tidak disarankan berendam dalam air hangat belerang lebih dari 30 menit. Adapun anak-anak disarankan lebih singkat dari waktu tersebut.



Gambar 10. Taman Wisata Air Panas Guci

A. Mesin Kalor

Cara kerja dari mesin kalor adalah hanya jika kalor mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah, energi mekanis dapat diperoleh dari energi termal. Kalor tersebut kemudian diubah menjadi usaha mekanis seperti yang digambarkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Skematik Perpindahan Energi Mesin Kalor
Perubahan energi internal sistem adalah nol, $\Delta U = 0$, karena kerja mesin

kalor dalam siklus yang berulang. Input kalor Q_1 pada temperatur tinggi T_1 diubah sebagian menjadi usaha W dan sisanya berubah menjadi kalor Q_2 temperatur rendah T_2 . Persamaan 8 berikut ini adalah persamaan pada kerja mesin kalor berdasarkan konservasi energi.

$$Q_1 = W + Q_2 \quad (8)$$

Keterangan:

W : Usaha yang dilakukan oleh sistem (J)

Q_1 : Kalor pada temperatur tinggi (J)

Q_2 : Kalor pada temperatur rendah (J)

Contoh penerapan mesin kalor yaitu mesin pesawat , mesin mobil , dan mesin uap .

B. Efisiensi Mesin Kalor

Efisiensi mesin kalor adalah perbandingan antara usaha W yang dilakukan dengan masukan kalor pada temperatur yang tinggi Q_1 . Efisiensi dapat direpresentasikan oleh Persamaan 9 berikut ini:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad (9)$$

Keterangan:

η : Efisiensi

W : Usaha yang dilakukan oleh sistem (J)

Q_1 : Kalor pada temperatur tinggi (J)

Oleh karena energi terkonversikan, kalor Q_1 harus sama besar dengan usaha W yang dilakukan, dijumlahkan dengan kalor yang keluar pada temperatur rendah Q_2 :

$$Q_1 = W + Q_2$$

$$W = Q_1 - Q_2$$

Maka besar efisiensi mesin dapat direpresentasikan oleh Persamaan 10.

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (10)$$

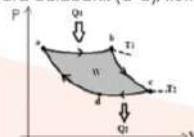
Efisiensi dapat disajikan dalam bentuk persen dengan cara mengalikan persamaan 10 dengan 100%.



C. Mesin Carnot

Sadi Carnot (1796-1832) mempelajari tentang karakteristik dari mesin ideal untuk menemukan cara meningkatkan efisiensi. Mesin ini kemudian dikenal dengan nama mesin Carnot. Mesin Carnot memiliki siklus yang terdiri dari empat proses seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 12.

- Gas memuai secara isothermal (a-b), kalor Q_1 diserap pada temperatur T_1 .
- Gas memuai secara adiabatik (b-c), tidak ada pertukaran kalor tetapi temperatur turun hingga T_2 .
- Gas dimampatkan secara isothermal pada temperatur T_2 (c-d), kalor Q_2 mengalir keluar.
- Gas dimampatkan secara adiabatik (d-a), kembali ke keadaan awal.



Gambar 12. Siklus Carnot

Menurut Carnot, mesin kalor yang reversibel memiliki Q_1 dan Q_2 yang sebanding dengan T_1 dan T_2 . Hal ini karena sistem diasumsikan bersentuhan langsung dengan penampung-penampung kalor ideal yang sedemikian besar sehingga temperatur tidak berubah secara signifikan ketika Q_1 dan Q_2 dipindahkan, maka besar efisiensi dapat direpresentasikan oleh Persamaan 11.

$$\eta_{ideal} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (11)$$

Keterangan:

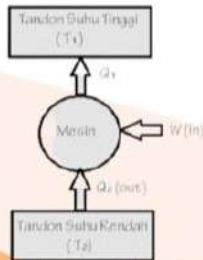
- η_{ideal} : Efisiensi mesin ideal
 T_1 : Temperatur tinggi (K)
 T_2 : Temperatur rendah (K)

Kondisi temperatur normal, tidak memungkinkan ada mesin yang memiliki efisiensi 100%, kecuali temperatur keluaran T_2 bernilai nol mutlak (sebagaimana pernyataan Kelvin-Planck). Namun, tidak mungkin mencapai nol mutlak secara praktis maupun teoritis.



D. Mesin Pendingin

Prinsip kerja mesin pendingin berkebalikan dengan prinsip kerja mesin kalor. Alat ini mengalirkan kalor keluar dari lingkungan dingin menuju lingkungan yang lebih panas. Gambar 13 menunjukkan cara kerja dari mesin pendingin. Usaha W dilakukan untuk mengangkut kalor dari daerah yang bertemperatur rendah (T_2) yaitu di dalam mesin pendingin. Kalor dalam jumlah yang lebih besar dialirkan keluar ke daerah bertemperatur tinggi (T_1) yaitu ruangan. Kalor Q_2 diambil dari kumparan pendingin di dalam refrigerator, sedangkan kalor Q_1 dikeluarkan oleh kumparan di luar refrigerator.



Gambar 13. Diagram Skematik Perpindahan Energi pada Mesin Pendingin
Mesin pendingin memerlukan usaha untuk mengangkut kalor dari daerah bertemperatur rendah menuju daerah bertemperatur tinggi. Hal ini merepresentasikan pernyataan Clausius tentang Hukum Kedua Termodinamika. Maka, tidak ada refrigerator yang sempurna.

Koefisien kerja C_p mesin pendingin merupakan kalor Q_2 yang dipindahkan dari daerah bertemperatur rendah (dalam mesin pendingin) per-usaha yang dilakukan untuk memindahkan kalor. Besar C_p ditentukan dengan menggunakan Persamaan 12 berikut ini:

$$C_p = \frac{Q_2}{W} \quad (12)$$

Oleh karena energi dikonservasikan, maka Hukum Pertama Termodinamika dapat ditulis menjadi $W = Q_1 - Q_2$. Persamaan 12 dituliskan menjadi Persamaan 13 berikut ini:

$$C_p = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (13)$$



Keterangan:

C_p : Koefisien kerja

W : Usaha yang dilakukan oleh sistem (J)

Q_1 : Kalor pada temperatur tinggi (J)

Q_2 : Kalor pada temperatur rendah (J)

Persamaan mesin pendingin ideal direpresentasikan oleh Persamaan 14.

$$C_{p \text{ ideal}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (14)$$

Keterangan:

$C_p \text{ ideal}$: Koefisien kerja mesin pendingin ideal

T_1 : Temperatur tinggi (K)

T_2 : Temperatur rendah (K)

Mindana-Surabaya

Bisakah kamu menyebutkan apa saja penerapan mesin pendingin dalam kehidupan sehari-hari?

Kulkas , AC , dan pompa kalor  adalah contoh dari mesin pendingin. Daerah dataran rendah dan pantai di Tegal seperti Kecamatan Suradadi, Tegal Timur, Pagerbarang, dan Slowi, dapat menggunakan AC untuk menurunkan suhu ruangan. Sebelum ditemukan teknologi pendingin udara, masyarakat zaman dulu menggunakan kipas bambu  untuk mengipasi tubuh yang kepanasan. Adapun daerah dataran tinggi seperti Kecamatan Bojong dan Bumijawa, dapat menggunakan pompa kalor untuk menaikkan suhu ruangan. Villa-villa di sekitar Taman Wisata Guci banyak yang memanfaatkan teknologi pompa kalor untuk mengatasi suhu dingin dan menjaga kenyamanan tamu.



E. Entropi dan Hukum Kedua Termodinamika

Entropi merupakan ukuran keteraturan atau ketidakteraturan sistem.

Agar kamu lebih tahu mengenai entropi, simaklah video berikut ini untuk meningkatkan keterampilan **mendefinisikan istilah dan mempertimbangkannya!**



Entropi termasuk dalam variabel keadaan sistem. Sistem memiliki temperatur, volume, tekanan, dan termasuk entropi dalam nilai tertentu tergantung keadaan sistem.

Perubahan entropi S suatu sistem saat sejumlah kalor Q diserap pada temperatur konstan melalui proses ideal ditentukan dengan menggunakan Persamaan 15.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (15)$$

Keterangan:

ΔS : Perubahan entropi (J/K)

Q : Kalor yang dilepas atau diserap (J)

T : Temperatur (K)

Jika entropi di satu bagian sistem berkurang, maka entropi pada bagian lain meningkat cukup besar sehingga perubahan entropi sistem bernilai positif. Berdasarkan entropi tersebut, Hukum Kedua Termodinamika dapat



diungkapkan dengan: Entropi sistem terisolasi tidak dapat berkurang, melainkan hanya dapat tetap sama atau meningkat. Hanya proses reversibel yang memiliki $\Delta S = 0$. Entropi sistem pada proses sesungguhnya lebih besar dari nol seperti yang digambarkan oleh Persamaan 16.

$$\Delta S > 0 \quad (16)$$

Adapun perubahan entropi pada sistem tidak terisolasi yaitu perubahan entropi sistem ΔS_s dijumlahkan dengan perubahan entropi lingkungan ΔS_{env} lebih besar dari atau sama dengan nol seperti yang direpresentasikan oleh Persamaan 17.

$$\Delta S = \Delta S_s + \Delta S_{env} \geq 0 \quad (17)$$

Keterangan:

ΔS : Perubahan entropi (J/K)

ΔS_s : Perubahan entropi sistem (J/K)

ΔS_{env} : Perubahan entropi lingkungan (J/K)

Maka, bunyi Hukum Kedua Termodinamika adalah: total entropi sistem dijumlahkan dengan entropi lingkungannya meningkat karena proses alami.

Contoh Soal

1. Suatu mesin Carnot, jika reservoir panasnya bersuhu 400 K akan mempunyai efisiensi 40%. Jika reservoir panasnya bersuhu 640 K, tentukanlah efisiensi mesin sekarang!

Pembahasan

Diketahui:

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$\eta = 40\% = \frac{4}{10}$$

Ditanya:

η jika T_1 menjadi 640 K ... ?

Jawab:

- Mencari T_2

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{T_2}{T_1} \\ \frac{4}{10} &= 1 - \frac{T_2}{400} \\ \left(\frac{T_2}{400}\right) &= \frac{6}{10} \\ T_2 &= 240 \text{ K} \end{aligned}$$



- Mencari η jika T_1 menjadi 640 K

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(1 - \frac{240}{640}\right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(\frac{5}{8}\right) \times 100\%$$

$$\eta = 62,5\%$$

2. Mesin Carnot menyerap kalor sebesar 50 kkal dari reservoir suhu dan melakukan usaha 3×10^4 J. Tentukanlah efisiensi mesin tersebut!

Pembahasan

Diketahui:

$$Q_1 = 50 \text{ kkal} = 50.000 \times 4,2 \text{ J} = 21 \times 10^4 \text{ J}$$

$$W = 3 \times 10^4 \text{ J}$$

Ditanya:

η ... ?

Jawab:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3 \cdot 10^4}{21 \cdot 10^4} \times 100\%$$

$$\eta = 14,3\%$$

Rangkuman 3

1. Hukum Kedua Termodinamika:

- Pernyataan Kelvin-Planck: "Tidak ada alat yang mampu mengubah sejumlah tertentu kalor seluruhnya menjadi usaha".
- Pernyataan Clausius: "Kalor dapat mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah, kalor tidak dapat mengalir secara spontan dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu lebih tinggi".

2. Efisiensi mesin kalor: $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

3. Efisiensi mesin Carnot: $\eta_{ideal} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

4. Koefisien kerja mesin pendingin: $C_p = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$

5. Entropi: $\Delta S = \frac{Q}{T}$



Tugas 3

Kamu tahu olos seperti pada Gambar 14 ini bukan?



Gambar 14. Olos

Olos adalah salah satu makanan khas Tegal berupa gorengan berbentuk bulat dari tepung terigu dan tepung tapioka yang berisi beberapa sayuran dan cabai. Saat proses penggorengan olos, kalor dari minyak panas akan berpindah ke dalam olos yang bersuhu lebih rendah. Peristiwa tersebut merupakan penerapan dari Hukum Kedua Termodinamika.

Bagaimana ya trik menggoreng olos agar tidak meledak? Jelaskan berdasarkan keterkaitannya dengan Hukum Kedua Termodinamika!

(Jawablah pertanyaan tersebut untuk meningkatkan keterampilan **menentukan tindakan**. Kamu bisa menggunakan sumber informasi dari jurnal dan wawancara dengan pedagang olos di sekitarmu)

LINK PENGUMPULAN TUGAS 3:



Tugas 3



29



Latihan Soal 3

Kerjakanlah latihan soal berikut ini untuk meningkatkan keterampilan **mengidentifikasi asumsi** dan **menganalisis argumen!**



Latihan Soal 3

Pilihlah jawaban yang tepat!

nandaamaliyah05@gmail.com

[Ganti akun](#)



* Menunjukkan pertanyaan y
wajib diisi



Penalaran Diri 3

Renungkanlah pertanyaan di bawah ini!

Apabila menjawab "Ya", berarti kamu telah memahami dan menerapkan materi. Namun, apabila menjawab "Tidak", berarti kamu perlu mengulang materi terkait. Semangat!

1. Apakah kamu mampu mendefinisikan dan mempertimbangkan istilah entropi?
2. Apakah kamu mampu menentukan tindakan pada Tugas 3?
3. Apakah kamu mampu menganalisis argumen tentang olos pada Latihan Soal 3?
4. Apakah kamu mampu mengidentifikasi asumsi tentang Guci pada Latihan Soal 3?



YA



TIDAK

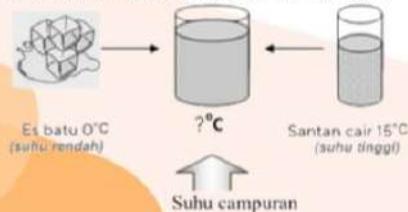


EVALUASI

Kerjakanlah soal evaluasi berikut ini!

1) Prita dan Astri melakukan eksperimen sederhana sembari membuat es lontong. Mula-mula mereka memasukkan santan cair bersuhu 15°C ke dalam wadah kosong, kemudian memasukkan kembali es batu bersuhu 0°C . Mereka mengukur suhu campuran dalam wadah yang berisi campuran santan cair dan es batu tersebut.

Hasil eksperimen mereka menunjukkan bahwa setelah beberapa saat santan cair dicampur dengan es batu, keduanya mengalami kesetimbangan termal. Proses pencampuran santan cair dan es batu tersebut merupakan penerapan Hukum Nol Termodinamika.



- Buatlah 2 pertanyaan yang sesuai dengan wacana di atas!
- Tentukan jawaban dari pertanyaan yang telah kamu buat!

2) Pak Slamet adalah seorang petani yang senang membawa teh panas dalam botol plastik ketika bekerja di sawah pada malam hari. Namun, Pak Slamet sering mendapati tehnya sudah dingin karena dinding plastik botol tidak dapat mencegah kalor keluar dari botol. Ratih, anak Pak Slamet membelikan termos untuknya sebagai ganti dari botol air plastik agar Pak Slamet dapat menikmati teh yang hangat. Hal ini karena termos dapat menjaga suhu lebih lama dari wadah biasa.





- Mengapa termos dapat mempertahankan panas air lebih lama daripada botol plastik?
- Berdasarkan wacana di atas, tentukan wadah air mana yang termasuk sistem tertutup dan sistem terisolasi beserta alasannya!

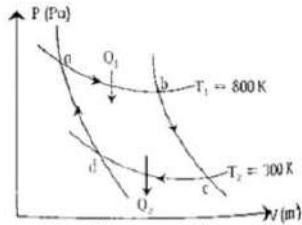
3) Bu Tuti menyantap sarapan sepiring nasi dengan lauk pada pagi hari sebagai sumber energi. Setelah itu, Bu Tuti langsung pergi ke pasar untuk Prepegan. Usaha yang ia dilakukan sebesar 150 kJ dan kalor yang diserap sebesar 600 kJ. Perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tuti sebesar 450 kJ.



- Apa yang mempengaruhi perubahan energi dalam pada tubuh Bu Tuti? Jelaskan!
- Buktikan apakah perubahan energi dalam pada wacana di atas sebesar 450 kJ?

4) Sebuah mesin uap dalam kapal laut di Pelabuhan Tegal bekerja antara 800 K dan 300 K seperti yang direpresentasikan oleh gambar siklus carnot di bawah ini. Mesin uap tersebut mampu menyerap kalor () sebesar 9.600 J. Menurut Pak Kus, mesin tersebut melakukan usaha sebesar 6.000 J.





- Deskripsikan gambar siklus carnot diatas dengan tepat!
- Buktikan kebenaran pernyataan Pak Kus pada wacana di atas!

5. Desa Guci di Kecamatan Bumijawa merupakan daerah dataran tinggi di kaki Gunung Slamet yang bersuhu dingin. Villa di sekitar Taman Wisata Pemandian Air Panas Guci menggunakan pompa kalor untuk mengondisikan suhu ruangan. Sebuah pompa kalor pada "Kamar 1" sebuah villa menghasilkan kerja sebesar 1.500 J dan kalor yang diterima sebesar 3.000 J. Koefisien kinerja pompa kalor tersebut sebesar 3,0. Apabila kalor yang diterima sebesar 4.500 J seperti pada "Kamar 2" dan besar usahanya sama, jawablah pertanyaan berikut ini:



- Mesin pada kamar mana yang lebih efisien dan kamu pilih apabila kamu menjadi pemilik villa tersebut? Kemukakan alasanmu!
- Apakah kesimpulanmu pada permasalahan di atas benar jika dihubungkan dengan koefisien kinerja pada alat tersebut?



LINK PENGUMPULAN **EVALUASI**:



KUNCIJAWABAN

LATIHAN SOAL 1

1) e

Pembahasan

Sistem tertutup memiliki pembatas yang masih memungkinkan terjadinya perpindahan energi dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya.

2) d

Pembahasan

Gelas tanpa tutup dan api unggun tidak memiliki pembatas dengan lingkungan sehingga massa dan energi dapat masuk atau keluar sebagaimana sistem terbuka.

3) Bagaimana proses terjadinya

kesetimbangan termal pada es lonjong?

4) Mengapa poci termasuk sistem terbuka?

5) c

Pembahasan

Peristiwa tersebut tentang dua sistem (tubuh dan handuk dingin) yang bersentuhan hingga suhu keduanya menjadi sama atau mengalami kesetimbangan termal.

LATIHAN SOAL 2

1. e

Pembahasan

Diketahui:

$$P = 6 \text{ atm} = 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_1 = 600 \text{ liter} = 0,6 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 300 \text{ liter} = 0,3 \text{ m}^3$$

Ditanya:

 $W \dots ?$

Jawab:

$$W = P\Delta V$$

$$W = 6 \cdot 10^5 (0,3 - 0,6)$$

$$W = -180 \text{ kJ}$$

2. b

Pembahasan

Diketahui:

$$V_1 = 1,5 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 87^\circ\text{C} = 360 \text{ K}$$

$$P = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

 $W \dots ?$

Jawab:

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 800 \text{ kJ} - 150 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = 650 \text{ kJ}$$

Jadi, benar bahwa perubahan energi pada sistem tersebut sebesar 650 kJ.

3. a

Pembahasan

Grafik mula-mula bergerak horizontal ke arah kiri yang berarti proses kompresi isobarik di mana proses ini mengalami pemampatan volume dengan tekanan konstan. Setelah itu, grafik yang bergerak vertikal ke bawah berarti gas mengalami proses isokhorik dimana volumenya tetap.

4. e

Pembahasan

Diketahui:

$$P_A = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_A = 4 \text{ liter} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_B = 6 \text{ liter} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ditanya:

 $W_{\text{total}} \dots ?$

Jawab:

- Mencari W_{AB} (isobarik)

$$W = P\Delta V$$

$$W_{AB} = P_{AB}(V_B - V_A)$$

$$W_{AB} = 10^5(6 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3})$$

$$W_{AB} = 200 \text{ J}$$

- Mencari W_{BC} (isokhorik)

$$W = P\Delta V$$

$$W_{BC} = P_{BC}(0)$$

$$W_{BC} = 0$$

- Mencari W_{total}

$$W_{total} = W_{AB} + W_{BC}$$

$$W_{total} = 200 + 0$$

$$W_{total} = 200 \text{ J}$$

5. a

Pembahasan

Diketahui:

$$n = \frac{2900}{693} \text{ mol}$$

$$V_1 = 5 \text{ liter} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 2,5 \text{ liter} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_3 = 2,5 \text{ liter} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

Ditanya:

W ... ?

Jawab:

$$W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$W = \left(\frac{2900}{693}\right) (8,314) (300) \ln\left(\frac{5 \times 10^{-3}}{2,5 \times 10^{-3}}\right)$$

$$W = \left(\frac{2900}{693}\right) (8,314) (300) (0,693)$$

$$W = 4988,4 \text{ J}$$

LATIHAN SOAL 3

1. d

Pembahasan

Diketahui:

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

$$T_2 = 300 \text{ K}$$

Ditanya:

 η ... ?

Jawab:

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(1 - \frac{300}{600}\right) \times 100\%$$

$$\eta = 50\%$$

2. Tidak setuju, karena saat proses penggorengan oles terdapat kalor dari minyak panas yang berpindah ke dalam oles yang bertemperatur lebih rendah. Peristiwa tersebut merupakan penerapan dari Hukum Kedua Termodinamika.

3. Belum tepat. Alasan yang tepat yaitu karena kalor mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah sebagai mana Hukum Kedua Termodinamika. Benda

bersuhu tinggi dalam hal ini yaitu air hangat di pemandian air panas Gucci, sedangkan benda bersuhu lebih rendah adalah tubuh kita.

4. c

Pembahasan

Diketahui:

$$T_1 = 800 \text{ K}$$

$$\eta = 40\% = \frac{4}{10}$$

Ditanya:

 T_2 jika η menjadi 50% ... ?

Jawab:

- Mencari T_2

$$\eta = 1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$T_2 = (1 - \eta) T_1$$

$$T_2 = (1 - 0,4) 800$$

$$T_2 = 0,6 \times 800$$

$$T_2 = 480 \text{ K}$$

- Mencari T_1 jika η menjadi 50%

$$\eta = 1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$T_1 = \frac{T_2}{(1 - \eta)}$$

$$T_1 = \frac{480}{(1-0.5)}$$

$$T_1 = \frac{480}{0.5}$$

$$T_1 = 960 \text{ K}$$

5. a

Pembahasan

Diketahui:

$$T_2 = -15^\circ\text{C} = (-15 + 273) \text{ K} = 258 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 40 \text{ K}$$

Ditanya:

 $C_p \dots ?$

Jawab:

$$C_p = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$$C_p = \frac{258}{40}$$

$$C_p = 6,45$$



GLOSARIUM

- Isokhorik** : Suatu proses perubahan keadaan gas di mana tidak ada perubahan volume (volume konstan)
- Isotermal** : Suatu proses perubahan keadaan gas di mana tidak ada perubahan suhu (suhu konstan)
- Isobarik** : Suatu proses perubahan keadaan gas di mana tidak ada perubahan volume (tekanan konstan)
- Adiabatik** : Suatu proses perubahan keadaan gas tanpa ada kalor yang masuk atau yang keluar sistem
- Energi** : Kemampuan untuk melakukan usaha
- Energi dalam** : Jumlah energi (energi kinetik translasi, rotasi dan vibrasi serta energi potensial listrik) yang dimiliki oleh seluruh molekul gas dalam wadah tertentu
- Kapasitas Kalor** : Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebesar 1 Kelvin.
- Termodinamika** : Cabang ilmu fisika yang mempelajari proses tentang energi yang dipindahkan sebagai kalor dan usaha



DAFTAR PUSTAKA

- Alodokter.com. (2022). Penyebab Hampir Pingsan Saat Berendam Air Panas. Diakses pada 24 Maret 2023. <https://www.alodokter.com/komunitas/topic/hampir-pingsan-saat-berendam-air-panas#:~:text=Air%20panas%20yang%20mengandung%20belerang,%2C%20menenangkan%20pikiran%2C%20dan%20sebagainya>
- Catatan Si Rebiaz. (2021). Termodinamika - Fisika SMA. Diakses pada 10 Juni 2023. https://youtube.com/playlist?list=PL5f_xafHp2CmEm8bHPdGiyf0PzfYAgQs
- Giancoli, D. C. (2014). Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi 7 Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, M. (2017). Fisika 2 untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Erlangga.
- Pahamify. (2021). Fisika Kelas 11: Konsep Entropi dan Sifatnya Alam Semesta. Diakses pada 27 Maret 2023. <https://youtu.be/YKnPB5wvSrA>



E-MODUL ETNO-TERMO

*E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Termodinamika
untuk SMA/MA Kelas XI*

E-Modul Bermuatan Etnosains Materi Termodinamika (E-Modul Etno-Termo) ini disusun dan dikembangkan untuk membantu siswa kelas XI dalam mempelajari materi termodinamika melalui pembelajaran dengan bimbingan guru maupun pembelajaran secara mandiri. E-Modul Etno-Termo disusun sedemikian rupa agar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sesuai dengan indikator yang akan dicapai. Siswa diharapkan dapat lebih tertarik mempelajari fisika terutama materi termodinamika melalui e-modul dengan muatan etnosains ini.

Nanda Amaliyah
Pendidikan Fisika
UIN Walisongo Semarang
2023



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Nanda Amaliyah
2. Tempat, Tanggal Lahir : Tegal, 19 Mei 2000
3. Alamat Rumah : Karanganyar, Pagerbarang,
Tegal, Jawa Tengah
4. Nomor HP : 0877-4447-4187
5. Email : nandaamaliyah05@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Formal
 - a. SD Negeri Karanganyar (2012)
 - b. MTs Darussalam Karanganyar (2015)
 - c. MA Negeri 2 Tegal (2018)
2. Non-Formal
-

Semarang, 08 November 2023

Penulis,



Nanda Amaliyah

NIM. 1908066032