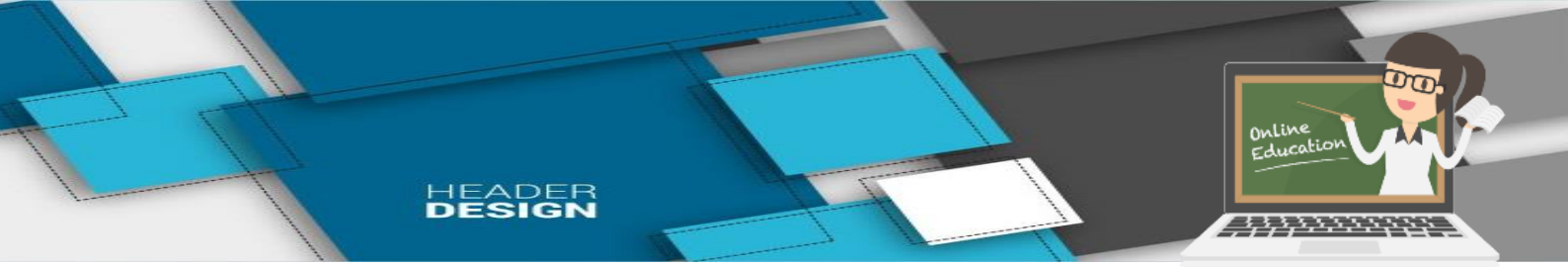
TERMODINAMIKA

E-MODUL BERBASIS FLIPBOOK MAKER



KELAS XI
SMA / MA
SEMESTER II

WIDYA AN NISA MUKRAMAH
MISBAHUL JANNAH
MULYADI ABDUL WAHID



KATA PENGANTAR

Pembelajaran Fisika merupakan wahana untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerja sama dengan orang lain. Hakekat fisika sendiri terbagi menjadi tiga yaitu sebagai produk "*a body of knowledge*", sebagai sikap "*a way of thinking*", dan sebagai proses "*a way of investigating*". Oleh karena itu, Fisika bukan saja hanya penguasaan kumpulan-kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep atau prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan.

Untuk menunjang dan membantu peserta didik dalam memenuhi aspek-aspek yang ada pada hakekat fisika, tentunya perlu suatu upaya agar semua aspek dapat terpenuhi. Dengan adanya e-modul ini diharapkan para peserta didik dapat dengan mandiri mencari tau hal-hal baru yang ada di lingkungannya yang berkaitan dengan fisika melalui sikap ilmiah sehingga dapat menemukan ide-ide atau fakta-fakta terbaru.

E-modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai fitur seperti gambar ilustrasi, video animasi, dan pertanyaan-pertanyaan yang nantinya peserta didik dapat mengisinya.

Terlepas dari itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pakar ahli untuk melakukan peningkatan kualitas terhadap e-modul ini, dan semoga e-modul ini bermanfaat bagi peserta didik SMA/MA untuk mencapai cita-cita luhurnya, yaitu menjadi putra putri bangsa yang terbaik, unggul dan mempunyai daya saing secara global di masa datang.

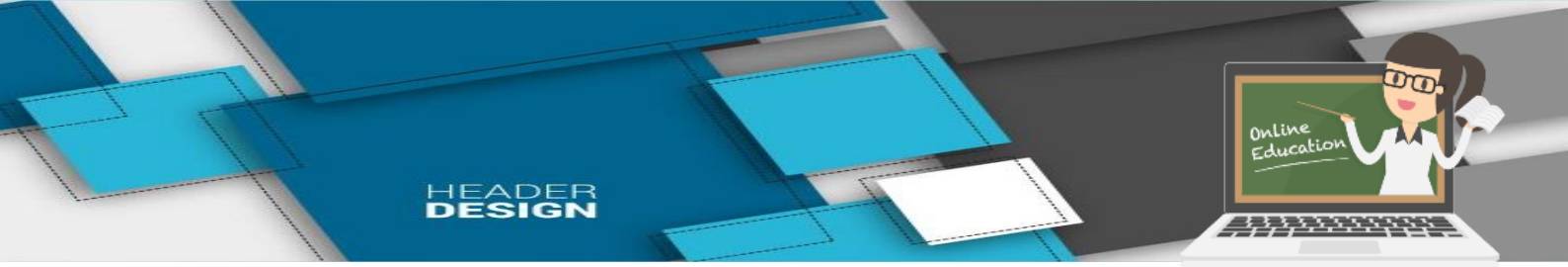
Banda Aceh, 28 Juni 2020

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
A. PENDAHULUAN ..... **iii**
B. PETUNJUK PENGGUNAAN E-MODUL ..... **v**
C. KERANGKA KONSEP E-MODUL ..... **vi**
D. PETA KONSEP TERMODINAMIKA **1**
E. SISTEM DAN LINGKUNGAN TERMODINAMIKA **2**
1. Variabel Termodinamika 2
2. Sistem dan Lingkungan 3
3. **E-LKPD Sistem dan Lingkungan Termodinamika** **5**
F. HUKUM KE-NOL TERMODINAMIKA DAN HUKUM I TERMODINAMIKA **11**
1. Hukum Ke- Nol Termodinamika 11
2. Hukum I Termodinamika 13
3. **E-LKPD HUKUM I TERMODINAMIKA** **21**
G. HUKUM II TERMODINAMIKA DAN ENTROPI **28**
1. Hukum II Termodinamika 28
2. Entropi 35
3. **E-LKPD HUKUM II TERMODINAMIKA** **37**
RANGKUMAN **43**
Uji Kompetensi **44**
GLOSARIUM **47**
DAFTAR PUSTAKA **49**
RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN **50**
PROFIL PENULIS



A. PENDAHULUAN

DESKRIPSI E-MODUL

E-modul ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir penulis, juga sebagai langkah awal bagi generasi muda atau tenaga pendidik untuk memadukan ilmu pengetahuan dengan kemajuan teknologi. E-modul ini di desain semenarik mungkin, yaitu dibuat secara elektronik sehingga bisa diakses melalui alat digital seperti *handphone* dan laptop.

Peserta didik dapat mengaksesnya dengan mudah, e-modul ini juga dilengkapi dengan materi ajar yang berisi video, langkah kerja yang berisi gambar dan latihan-latihan.

KOMPETENSI DASAR (KD)

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 fisisnya

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI (IPK)

Ranah Kognitif:

Pertemuan 1

3.7.3 Mengidentifikasi sistem dan lingkungan termodinamika

3.7.4 Mengklasifikasikan jenis-jenis sistem

3.7.5 Menyebutkan contoh penerapan jenis-jenis sistem termodinamika dalam kehidupan sehari-hari

Pertemuan 2

3.7.6 Mengidentifikasi Hukum ke- Nol Termodinamika dan Hukum I Termodinamika

3.7.7 Menjelaskan pengertian usaha, energi dalam dan kapasitas kalor

3.7.8 Mengklasifikasikan jenis-jenis proses termodinamika

3.7.9 Menghitung usaha, energi dalam, dan kapasitas kalor



Pertemuan 3

3.7.10 Mengidentifikasi Hukum II Termodinamika dan Entropi

3.7.11 Menjelaskan pengertian siklus, siklus Carnot, mesin kalor Carnot, dan entropi

3.7.12 Menghitung efesiensi mesin pendingin Carnot dan mesin pemanas Carnot

3.7.13 Menganalisis hubungan tekanan (P), volume (V) dan suhu (T) dari mesin kalor dan siklus Carnot dalam diagram P-V

Ranah Psikomotorik:

4.7.1 Membuat karya/ model penerapan sistem termodinamika berikut presentasi makna fisisnya

4.7.2 Membuat karya/ model penerapan hukum I termodinamika berikut presentasi makna fisisnya

4.7.3 Membuat karya/ model penerapan hukum II termodinamika berikut presentasi makna fisisnya



B. PETUNJUK PENGGUNAAN E-MODUL

Bacalah petunjuk penggunaan e-modul ini, untuk memudahkan Anda menggunakannya dalam proses pembelajaran.

Langkah-langkah yang perlu Anda lakukan:

1. Bacalah bismillah sebelum memulai kegiatan pembelajaran.
2. Gunakan tombol yang ada di bawah ini untuk melakukan proses pembelajaran:
   Tombol lanjut
   Tombol kembali
   Tombol mulai video/ musik
   Tombol berhenti
   Tombol ulang dari awal
3. Bacalah dengan cermat setiap penjelasan untuk materi pada setiap kegiatan pembelajaran.
4. Bacalah dengan cermat alat dan bahan serta ikutilah langkah-langkah percobaan yang telah tersedia.
5. Isi setiap tabel data pengamatan setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran dengan benar.
6. Jawablah setiap pertanyaan akhir yang tersedia di setiap kegiatan pembelajaran.
7. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil kegiatan pembelajaran.
8. Mulailah mencoba mengerjakan soal yang terdapat pada evaluasi pembelajaran dengan tenang, teliti, dan jujur.
9. Diskusikan bersama teman kelompok Anda.
10. Bacalah hamdalah setelah selesai mempelajari modul.





C. KERANGKA KONSEP E-MODUL

Elektronik modul (e-modul) berbasis flipbook maker materi termodinamika ini adalah modul yang dikembangkan mengikuti kurikulum 2013 yang mana lebih mengedepankan dan menuntut peserta didik untuk lebih berperan aktif dalam mencari tau informasi, sementara guru menjadi fasilitator dalam pembelajaran. Modul ini dikembangkan dengan mengikuti beberapa kerangka berpikir teori belajar yaitu teori kontruktivisme, teori kognitivisme, dan teori pembelajaran berdasarkan pengalaman. Pengembangan modul ini bertujuan agar guru dan peseta didik dapat menggunakannya dan mengaksesnya dimana saja dan kapan saja, juga menjadi langkah awal pagi tenaga pendidik untuk memadukan ilmu pengetahuan dengan kemajuan teknologi 4.0.

Teori pembelajaran kognitivisme, merupakan teori yang menekankan bagian-bagian dalam suatu situasi saling berhubungan dengan konteks keseluruhan situasi tersebut. Menurut teori ini ilmu pengetahuan dibangun dalam diri seseorang melalui proses interaksi yang berkesinambungan dengan lingkungan. Dalam teori ini dituntut agar peserta didik mampu menemukan hubungan pengetahuan yang baru dan mengaitkan dengan informasi dari pelajaran yang telah ada.

Teori pembelajaran konstruktivisme mempunyai pemahaman tentang belajar yang lebih mengedepankan proses dari pada hasil. Pengetahuan merupakan konstruksi manusia yang didapatkan melalui reorganisasi karena adanya suatu pemahaman baru. Dalam teori ini, pendidik hanya sebagai fasilitator yang membantu dalam meningkatkan pengetahuan peserta didik sehingga peserta didik lebih mampu mendalami dan mengkaji sendiri pengetahuan yang ingin diketahui.

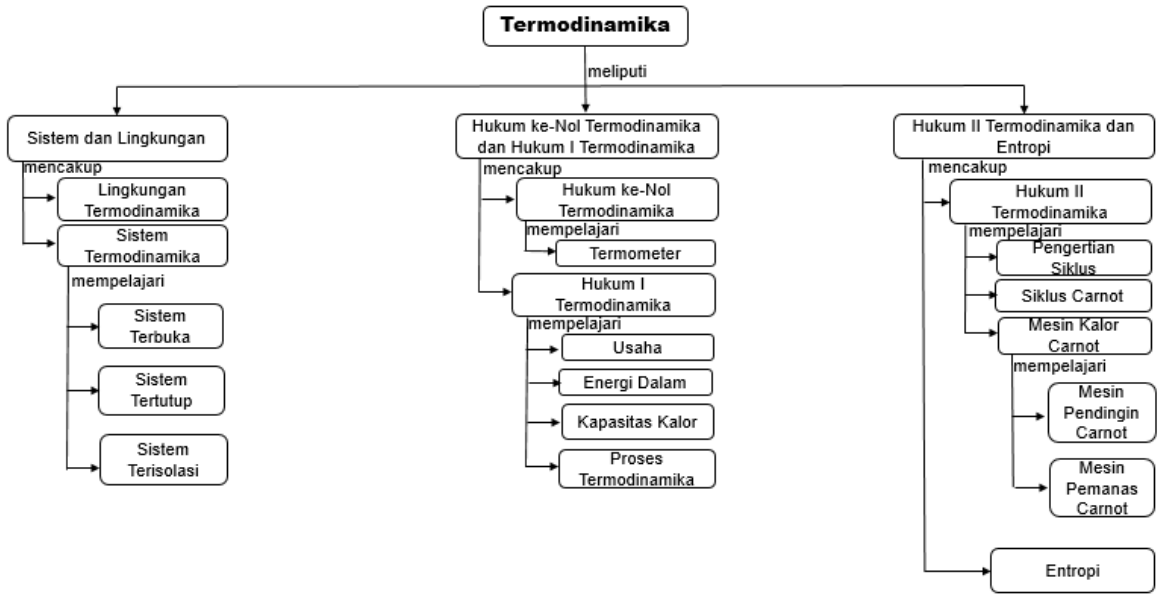
Teori pembelajaran berdasarkan pengalaman adalah suatu teori yang lebih mengedepankan pembelajaran yang berpusat pada pengalaman peserta didik dan melakukan kegiatan lapangan agar lebih terjalinnya sikap agar tercapainya tujuan pembelajaran. Aktivitas-aktivitas yang dilakukan dalam pembelajaran melibatkan interaksi dengan teman dalam satu kelompok, sehingga dapat membantu konseptual melalui suatu interaksi.

D. PETA KONSEP TERMODINAMIKA



Sumber: Internet.trainlocomotif.com

Energi panas dan transformasinya dapat digunakan untuk menggerakkan mesin uap pada kereta lokomotif



Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini peserta didik diharapkan mampu:

1. Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan hukum termodinamika dengan baik.
2. Membuat karya/ model penerapan hukum I dan II termodinamika berikut persentasi makna fisisnya dengan baik.

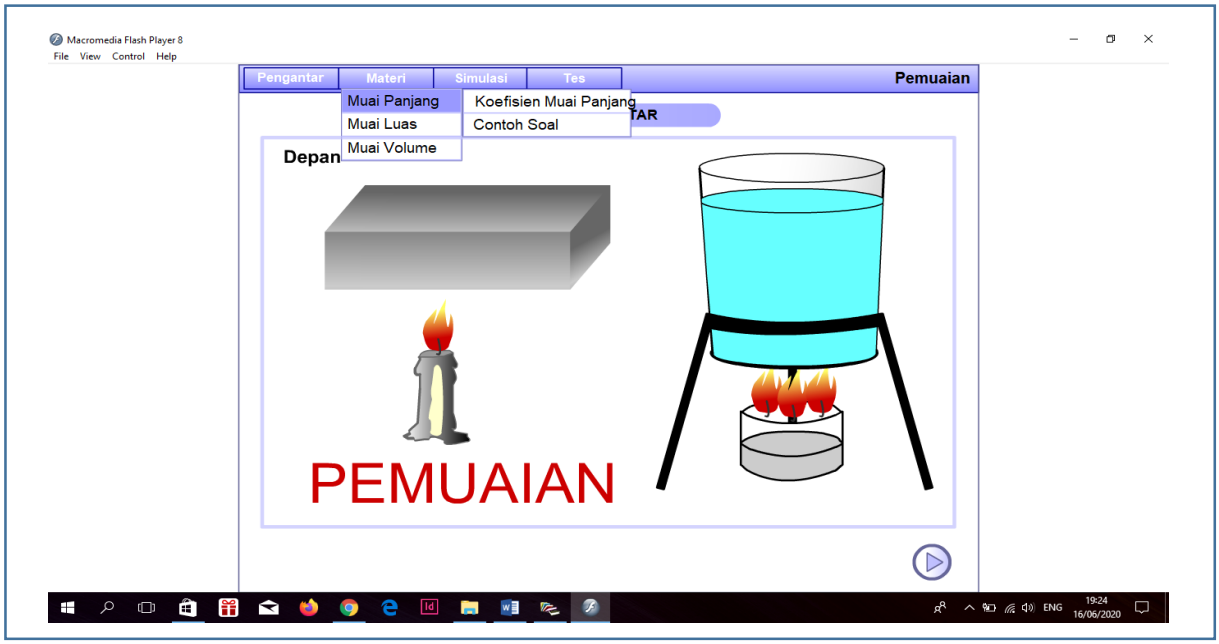
E. SISTEM DAN LINGKUNGAN TERMODINAMIKA

1. Variabel Termodinamika

Dalam pembahasan gas ideal telah dipelajari persamaan keadaan gas ideal yaitu, $pV = nRT$, dengan p adalah tekanan gas, V adalah volume, n adalah jumlah mol, R adalah tetapan gas umum, dan T adalah suhu mutlak sistem gas. Dalam hal ini tekanan, volume, dan suhu merupakan variabel-variabel keadaan gas.

Suatu sistem termodinamika juga memiliki keadaan tertentu yang di cirikan oleh variabel-variabel termodinamika seperti halnya variabel-variabel keadaan gas ideal. Jadi, tinjauan suatu sistem termodinamika meliputi tinjauan variabel-variabel atau besaran fisis berupa tekanan, volume, dan suhu mutlak. Keadaan suatu sistem termodinamika dapat berubah ke keadaan lain melalui suatu proses termodinamika.

Perubahan keadaan suatu sistem termodinamika dicirikan oleh perubahan variabel termodinamikanya. Sebagai contoh, proses pemampatan atau kompresi merupakan proses perubahan volume di mana volume akhir lebih kecil daripada volume awal ($V_2 < V_1$). Demikian pula proses pemuaian atau ekspansi yang dicirikan oleh perubahan volume di mana volume akhir lebih besar daripada volume awalnya ($V_2 > V_1$). Berikut adalah animasi yang menjelaskan tentang pemuaian:



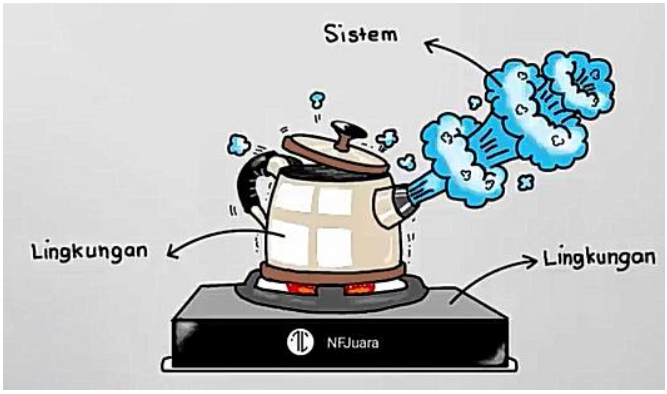
Sumber: https://digitalview.weebly.com

2. Sistem dan Lingkungan

Dalam termodinamika, digunakan terminologi sistem untuk mengidentifikasikan subjek analisis. Setelah sistem didefinisikan dan interaksi yang berhubungan dengan sistem lain teridentifikasi, maka satu atau lebih hukum atau hubungan fisika dapat digunakan.

Sistem adalah suatu yang memungkinkan terjadinya pertukaran energi dengan lingkungannya, misalnya melalui konduksi. Sebagai contoh, pada panci tertutup yang penuh air dan dipanaskan di atas kompor, energi diberikan ke dalam air melalui peristiwa konduksi. Ketika air mendidih, air mampu mengangkat tutup panci.

Sedangkan yang berada di luar sistem dikategorikan sebagai bagian dari *lingkungan*. Sistem dipisahkan dengan lingkungannya oleh batas sistem, yang dapat berada dalam kondisi diam atau bergerak. Dalam sistem termodinamika, kita perlu mendefinisikan sistem terbuka, sistem tertutup, dan sistem terisolasi dengan jelas.



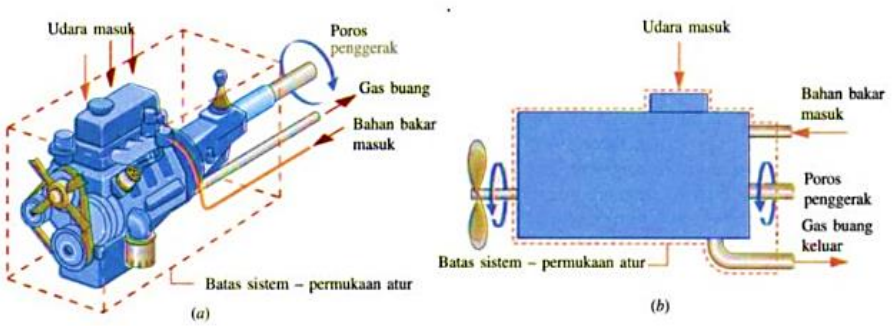
Gambar 1. Ilustrasi sistem dan lingkungan
Sumber: Youtube bimbel Nurul Fikri

JENIS SISTEM

Dalam modul ini sistem di bedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Sistem terbuka

Sistem terbuka adalah adalah suatu sistem yang mengakibatkan terjadinya pertukaran energi (panas dan kerja) dan benda (materi) dengan lingkungannya. Terminilogi sistem terbuka dapat disetarkan dengan volume atur yaitu ruang dimana massa dapat mengalir.



Gambar 2. Volume atur (sistem terbuka) mesin mobil
Sumber: Buku termodinamika teknik Jilid 1

2. Sistem tertutup

Sistem tertutup adalah sistem yang mengakibatkan terjadinya pertukaran energi (panas dan kerja) tetapi tidak memungkinkan terjadi pertukaran massa melalui batas sistem. Terminologi sistem tertutup seringkali digunakan dalam massa atur dimana terdapat materi dalam jumlah yang tetap.



Gambar 3. Massa atur (sistem tertutup) gas dalam sistem torak-silinder
Sumber: Buku termodinamika teknik Jilid 1

3. Sistem terisolasi

Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak dapat berinteraksi dengan cara apapun dengan lingkungannya sehingga tidak terjadinya pertukaran panas, zat, dan kerja. Dalam sistem terisolasi, energi yang masuk sistem sama dengan energi yang keluar dari sistem.



E-LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK
SISTEM DAN LINGKUNGAN TERMODINAMIKA

SEKOLAH : .....

MATA PELAJARAN : **FISIKA**

KELAS/SEM : **XI/ SEMESTER 2**

ALOKASI WAKTU : **30 MENIT**

NAMA KELOMPOK : .....

1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

Kompetensi Dasar

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

Indikator Pencapai Kompetensi

4.7.1 Mengikuti langkah kerja pada lembar kerja peserta didik

4.7.2 Mengidentifikasi hubungan konsep sistem dan lingkungan termodinamika melalui sebuah tayangan video pembelajaran

4.7.3 Melengkapi jawaban pada tugas dan pertanyaan akhir yang ada pada lembar kerja peserta didik

4.7.4 Mempresentasikan hubungan konsep sistem dan lingkungan beserta makna fisisnya berdasarkan skema yang telah tersedia

Tujuan Percobaan

1. Peserta didik dapat menjelaskan dengan baik apa itu sistem termodinamika
2. Peserta dapat membedakan sistem dan lingkungan pada sistem termodinamika
3. Peserta didik dapat mengetahui fenomena sehari-hari yang berkaitan dengan sistem termodinamika

Alat dan Bahan

1. Laptop/ *handphone*

Langkah Kerja

Mengamati

1. Tontonlah video di bawah ini dengan seksama agar dapat mengisi tabel data pengamatan.
2. Tekan tombol *play* untuk mulai menonton video pembelajaran S*istem Termodinamika*.





Sumber: Youtube bimbel Nurul Fikri

Menanya

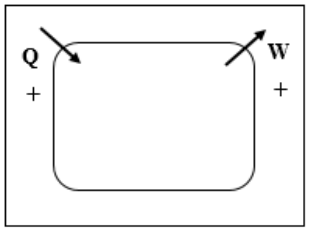
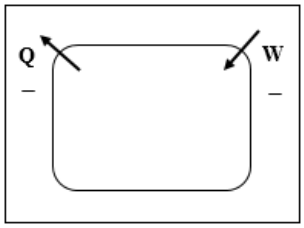
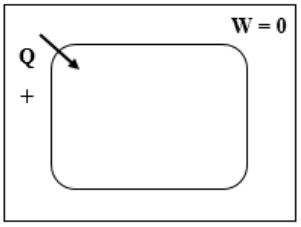
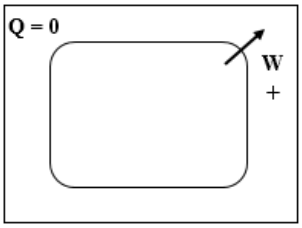
3. Ajukan pertanyaan tentang informasi yang tidak dipahami dari apa yang diamati.
4. Isilah tabel data pengamatan di bawah ini dengan benar setelah menonton video di atas.

Tabel Data Pengamatan

Mengeksplorasi



Termodinamika berhubungan dengan konsep sistem dan lingkungan. Sistem melakukan usaha luar apabila kalor ditambahkan (dipanaskan) atau kalor di kurangi (didinginkan). Terangkan fenomena yang terjadi berdasarkan skema berikut:

No	Skema	Fenomena
1		.....
2		.....
3		.....
4		.....



Pernyataan dan Diskusi

Mengasosiasi

Jawablah pertanyaan dibawah ini bersama teman kelompok dengan benar!

1. Bagaimana arah perpindahan kerja dan kalor pada ke empat skema yang ada diatas?

   Jawab:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Kapan kalor bernilai negatif dan positif?

   Jawab:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



3. Kapan kerja bernilai negatif dan positif?

Jawab:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Kesimpulan dan Saran

Mengkomunikasikan



Buatlah kesimpulan dan saran berdasarkan hasil kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan:

Kesimpulan:.....

Saran:.....

Klik link https://forms.gle/em1uaVcVTthomv1SA untuk mengisi data pengamatan, menjawab pertanyaan dan diskusi serta membuat kesimpulan dan saran.

F. HUKUM KE-NOL TERMODINAMIKA DAN HUKUM I TERMODINAMIKA

1. Hukum Ke- Nol Termodinamika

Gemar Membaca

Hukum Ke- Nol Termodinamika berbunyi "Jika 2 buah benda berada dalam kondisi kesetimbangan termal dengan benda yang ke 3, maka ketiga benda tersebut berada dalam kesetimbangan termal satu dengan lainnya"

Untuk mengukur suhu benda digunakan termometer. Jika kita akan mengukur suhu secangkir kopi panas, maka termometer dicelupkan ke dalam kopi. Setelah skala suhu termometer tidak berubah, baca skala suhunya. Ketika skala suhu termometer tidak berubah, termometer dan kopi telah mencapai keseimbangan termal (suhu sama).

Kita dapat mempelajari keseimbangan termal dengan menggunakan tiga sistem A, B, dan C, yang awalnya tidak berada pada keseimbangan termal (Gambar 4). Tiga sistem ini ditutup dengan isolator. Sistem A dan B dipisahkan dengan dinding isolator sehingga keduanya tidak dapat saling berinteraksi.



Gambar 4. Hukum Ke- Nol Termodinamika
Sumber: Youtube Di Timur Ada Fisika

Akan tetapi, sistem C dibiarkan berinteraksi dengan A ataupun B. Interaksi ini ditunjukkan dengan sekat konduktor. Setelah kesimbangan termal tercapai, akhirnya A dan B berada pada keseimbangan termal dengan C. Akan tetapi, apakah A dan B mencapai keseimbangan termal? Untuk mengetahuinya, sekarang C dipisahkan dari A dan B dengan menggunakan isolator, serta mengganti dinding isolator antara A dan B dengan konduktor supaya A dan B saling berinteraksi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak ada perubahan suhu pada A dan B. Artinya, jika C mula-

mula berada pada kesimbangan termal dengan A maupun B, maka A dan B juga berada pada keseimbangan termal. Jadi, jika dua benda berada dalam keseimbangan termal dengan benda ketiga, maka ketiga benda itu berada dalam keseimbangan termal satu sama lain. Pernyataan ini dikenal dengan sebutan *hukum ke-nol termodinamika*. Dua benda, berada dalam keseimbangan termal satu sama lain jika kedua benda itu memiliki suhu yang sama.

Pengukuran suhu benda menggunakan prinsip hukum ke- nol termodinamika. Untuk mengukur suhu tubuh manusia, digunakan termometer klinis. Termometer ini ditempatkan pada ketiak atau mulut dan ditunggu beberapa saat sampai terjadi keseimbangan termal antara termometer dan tubuh manusia. Setelah itu, termometer diambil dan di baca skala suhunya. Untuk mengetahui proses pengukuran suhu badan, lihat tayangan video dibawah ini:



Sumber: Youtube Dra.Suyanti

Contoh Soal:

Bagaimana termometer air raksa bekerja untuk mengukur suhu badan?

Jawab: Raksa bersentuhan dengan kaca dan kaca bersentuhan dengan benda yang diukur suhunya, misalnya udara, air atau tubuh manusia. Walaupun raksa tidak bersentuhan dengan udara atau air atau tubuh manusia, tetapi karena raksa bersentuhan dengan kaca maka ketika kaca dan udara atau air atau tubuh manusia berada dalam kesetimbangan termal, maka raksa dan udara atau air atau tubuh manusia juga berada dalam kesetimbangan termal, Sesuai dengan konsep hukum ke- Nol termodinamika.



2. Hukum I Termodinamika

Pada hakikatnya perpindahan kalor adalah perpindahan energi. Jika sejumlah kalor *Q* ditambahkan ke dalam sistem dan sistem itu tidak menghasilkan usaha selama proses itu berlangsung, maka energi dalam sistem itu meningkat setara dengan besar *Q*. Jadi, perubahan energi dalam sistem itu sama dengan jumlah kalor yang ditambahkan $\Delta U = Q$.

Gemar Membaca

Hukum I Termodinamika berbunyi "Untuk setiap proses apabila kalor *Q* diberikan kepada sistem dan sistem melakukan usaha *W*, maka akan terjadi perubahan energi dalam $\boldsymbol{\Delta U = Q - W}$"

Jika suatu sistem melakukan usaha dengan berekspansi terhadap lingkungannya dan selama proses itu tidak ada kalor yang masuk ke dalam sistem, maka kalor akan keluar dari sistem dan energi dalamnya berkurang. Dengan demikian, jika *W* positif maka ΔU negatif.

Sebaliknya, jika *W* negatif makan ΔU positif. Oleh karena itu, $\Delta U = -W$. Jika perpindahan kalor dan usaha berlangsung bersama-sama, maka perubahan energi dalam sistem itu adalah:

$$U_2 - U_1 = \Delta U = Q - W \qquad \textbf{(1)}$$

Persamaan (1) dapat juga ditulis menjadi:

$$Q = \Delta U + W \qquad \textbf{(2)}$$

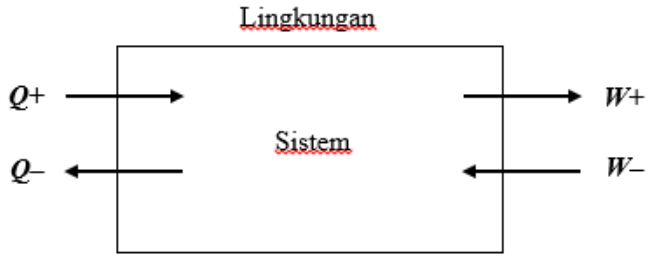
Persamaan (2) menyatakan bahwa ketika sejumlah kalor *Q* diberikan pada sistem, sebagian kalor itu digunakan untuk menaikkan energi dalam sistem sebesar ΔU, sedangkan sisanya keluar lagi dari sistem dalam bentuk usah *W* terhadap lingkungannya. Untuk proses yang berbeda *W* dan *Q* dapat bernilai positif, nol, atau negatif. Persamaan (1) dan (2) dikenal sebagai *hukum I termodinamika* yang merupakan penjabaran hukum kekekalan energi dan sistem termodinamika.

Hukum I termodinamika mempunyai dua kasus khusus, yaitu proses siklus dan sistem yang terisolasi. Proses siklus merupakan proses yang berakhir pada keadaan semula. Pada proses siklus, keadaan awal sama dengan keadaan akhir sehingga tidak terjadi perubahan energi dalam, $\Delta U = 0$ atau $U_1 = U_2$ dan $Q = W$.

Sistem terisolasi merupakan sistem yang tidak melakukan usaha pada lingkungannya ($W = 0$) dan tidak mengalami aliran kalor dari atau ke lingkungannya ($Q = 0$). Jadi, pada proses yang berlangsung dalam sistem terisolasi berlaku $W = Q = 0$ sehingga $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$. Dengan kata lain, energi dalam pada sistem yang terisolasi bersifat konstan ($U_1 = U_2$).

Dalam tetapannya, Anda perhatikan tanda yang harus diberikan pada Q dan W. Sebagai contoh, persamaan $\Delta U = W - Q$ dapat diartikan keadaan ketika sistem termodinamis mendapat usaha luar (karena W bertanda positif) dan mengeluarkan kalor (karena Q bertanda negatif).

Oleh karena itu, dapat disimpulkan makna persamaan $\Delta U = -W - Q$ dan $\Delta U = W + Q$ dengan sendirinya.

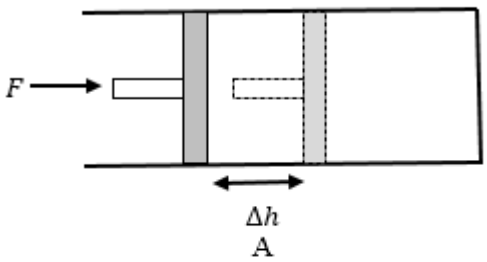


Gambar 5. Pertukaran panas dan usaha oleh sistem
Sumber: Buku Kajian Konsep Fisika Untuk Kelas XI SMA dan MA

Usaha, Energi Dalam, Kapasitas Kalor Gas dan Proses Termodinamika

a. Usaha

Usaha dapat diperoleh dengan mengubah keadaan suatu gas. Pada Gambar 6 terjadi perubahan posisi piston seluas A akibat gaya tekan F.



Gambar 6. Perubahan posisi piston akibat gaya tekan
Ilustrator Widya An Nisa Mukramah

Telah Anda pelajari bahwa tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja setiap satuan luas ($p = \frac{F}{A}$). Oleh karena piston berpindah posisis sebesar Δh ($s = \Delta h$), usaha yang dilakukan gas sebesar:

$$W = Fs = F\,\Delta h \qquad \textbf{(3)}$$
$$= P\,A\,\Delta h$$

Hasil kali antara luas penampang dengan besar perubahan posisi piston tidak lain merupakan perubahan volume ($A\,\Delta h = \Delta V$). Dengan demikian, persamaan tersebut menjadi:

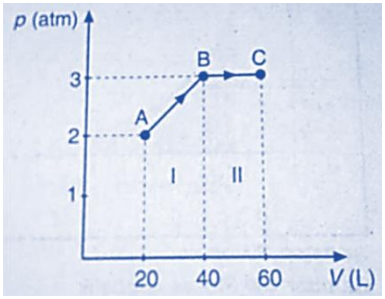
$$W = P\,\Delta V \qquad \textbf{(4)}$$

Keterangan:

W = usaha (J)
P = tekanan (N/m^2)
ΔV = perubahan volume (m^3)
Jika W (+) ⟶ gas melakukan usaha ($V_2 > V_1$)
W (–) ⟶ gas menerima usaha luar ($V_2 < V_1$)

Contoh Soal:

Perhatikan gambar di bawah ini!



Berapakah usaha pada proses A-C?

Penyelesaian:

Diketahui: $P_A = 2$ atm
$P_B = P_C = 3$ atm
$V_A = 20$ L
$V_B = 40$ L
$V_C = 60$ L

Ditanyakan: W?

Penyelesaian:



Usaha dapat dicari dengan menghitung luasan di bawah grafik A-B yang berbentuk trapezium dan grafik B-C yang berbentuk persegi panjang.

$W = W_I + W_{II}$

$= \frac{2 \text{ atm} + 3 \text{ atm}}{2}$ (20 L) + (3 atm) (20 L)

= (50 + 60 L) atm L

= 110 atm L

= $1{,}1 \times 10^4$ J

Jadi, usaha pada proses A – C sebesar $1{,}1 \times 10^4$ J

b. Energi dalam

Energi dalam *(U)* atau energi internal suatu sistem termodinamika merupakan jumlah total energi kinetik partikel-partikel penyusunannya ditambah jumlah energi potensial akibat interaksi antar partikel penyusunnya. Dalam sudut pandang termodinamika, energi dalam adalah sifat keadaan gas yang memiliki nilai tertentu untuk keadaan termodinamika tertentu. Energi dalam di lambangkan dengan *U*. Selama terjadi perubahan keadaan suatu sistem, energi dalam dapat berubah dari nilai awal U_1 ke nilai akhir U_2. Perubahan energi dalamnya dinyatakan dengan $\Delta U = U_2 - U_1$. Berikut merupakan energi dalam untuk gas monoatomik persamaan (5) dan gas diatomic persamaan (6):

1) $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} nR\,(T_2 - T_1)$ ⟶ Gas Monoatomik ***(5)***

2) $\Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T = \frac{5}{2} nR\,(T_2 - T_1)$ ⟶ Gas Diatomik ***(6)***

Contoh Soal:

Sebuah sistem kalor hidrogen 30 kal dan melakukan usaha sebesar 100 J. Jika 1 kalori bernilai 4,2 J, tentukan energi dalam sistem tersebut!

Penyelesaian:

Diketahui: Q = −30 kal = − 126 J

W = 100 J

Ditanyakan: ΔU?

Penyelesaian:



ΔU = Q – W = –126 J – 100 J = –226 J

Jadi, perubahan energy dalam gas –226 J atau terjadi penurunan energi dalam sebesar 226 J.

c. Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor merupakan kemampuan gas untuk menyerap atau melepaskan kalor persatuan suhu. Kapasitas kalor yang penting untuk gas ada dua macam yaitu:

1) Kapasitas kalor pada volume tetap (C_v), dirumuskan sebagai beriku, persamaan (7):

$$C_V = \frac{Q_V}{\Delta T} \qquad \textbf{(7)}$$

2) Kapasitas kalor pada tekanan tetap (C_p), dirumuskan sebagai berikut, persamaan (8):

$$C_P = \frac{Q_P}{\Delta T} \qquad \textbf{(8)}$$

Dari persamaan gas ideal, diperoloh persamaan (9) sebagai berikut:

$$C_P - C_V = Nr \qquad \textbf{(9)}$$

Keterangan: C_P = Kapasitas kalor pada tekanan tetap (J/K);
C_V = Kapasitas kalor pada volume tetap (J/K);
n = Banyaknya mol gas
R = Tetapan umum gas

Sehingga persamaan untuk usaha, dapat dituliskan seperti persamaan (10) berikut ini:

$$W = nR\Delta T \qquad \textbf{(10)}$$

Contoh Soal:

Gas hidrogen dipanaskan dari suhu 300 K sampai 312 K dalam bejana yang bebas hingga memuai Kalor yang dibutuhkan dalam proses itu 24 kJ. Jika gas pada tekanan tetap, tentukan kapasitas kalor hidrogen!

Penyelesaian:

Diketahui: ΔT = 312 K – 300 K = 12 K

Q_p = 24 Kj = 24.000 J

Ditanyakan: C_p?

Penyelesaian:

$C_p = \frac{Q_p}{\Delta T} = \frac{24.000\ J}{12\ K}$ = 2.000 J/K

d. Proses Termodinamika

Dalam termodinamika, suatu proses yang dapat berulang disebut siklus. Siklus yang berulang disebut *reversible* dan yang tidak berulang disebut *irreversible*. Pada prinsipnya, proses *reversible* adalah proses yang berlangsung sedemikian rupa sehingga pada akhir proses, baik sistem maupun lingkungan setempat dapat dikembalikan ke keadaan semula tanpa menimbulkan perubahan apapun. Proses perubahan gas tersebut dinamakan proses termodinamika.

1) Proses Isotermik

Proses isotermik adalah prosess perubahan gas pada suatu suhu tetap. Proses ini sesuai dengan hukum Boyle, yaitu sebagai berikut, persamaan (11):

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \qquad \textbf{(11)}$$

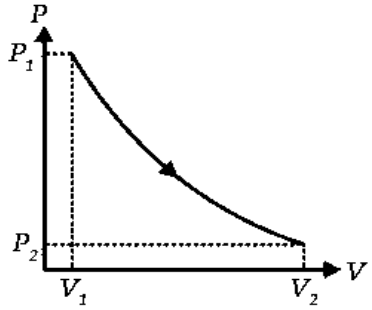
Pada proses isotermik berlaku persamaan gas ideal sebagai berikut, persamaan (12):

$$PV = nRT \qquad \textbf{(12)}$$

Persamaan (13) merupakan usaha dalam proses isotermik adalah:

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad \textbf{(13)}$$

Pada Gambar 7 merupakan grafik proses isotermik:



Gambar 7. Grafik Proses Isotermik
Sumber: http://fisikazone.com/proses-termodinamika/

2) Proses Isokhorik

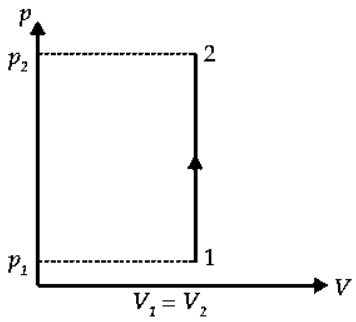
Proses isokhorik adalah perubahan gas pada volume tetap. Selama proses isokhorik berlaku persamaan (14) gas yang sesuai dengan hukum Charles yaitu:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \qquad \textbf{(14)}$$

Dalam proses ini $\Delta V = 0$ sehingga tiddak ada usaha yang dilakukan gas, persamaan (15):

$$W = P\Delta V = 0 \qquad \textbf{(15)}$$

Pada Gambar 8 merupakan grafik proses isokhorik:



Gambar 8. Grafik Proses Isokhorik
Sumber: http://fisikazone.com/proses-termodinamika/

3) Proses Isobarik

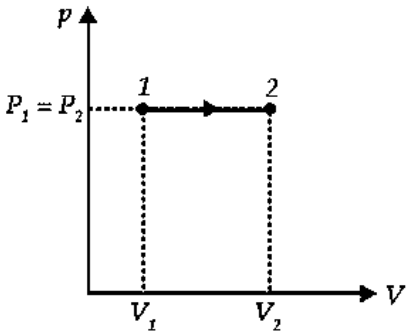
Proses Isobarik adalah proses perubahan keadaaan gas pada tekanan tetap. Persamaan (16) adalah keadaan gas ideal yang berlaku dalam proses isobarik, yang sesuai dengan hukum Gay-Lussac:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \qquad \textbf{(16)}$$

Usaha yang dilakukan dalam proses isobarik adalah, persamaan (17):

$$W = P\Delta V = P(V_2\text{-}V_1) \qquad \textbf{(17)}$$

Pada Gambar 9 merupakan grafik proses isokhorik:



Gambar 9. Grafik Proses Isobarik
Sumber: http://fisikazone.com/proses-termodinamika/

4) Proses Adiabatik

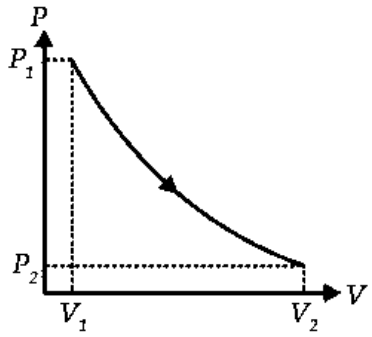
Proses adiabatik adalah proses perubahan keadaan gas bila tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem (Q = 0). Pada proses adiabatik berlaku persamaan (18) hukum Poisson:

$$P_1 V_1' = P_2 V_2' \text{ atau } PV' = \text{konstan} \qquad \textbf{(18)}$$

Usaha yang dilakukana dalam proses adiabatik adalah, persamaan (19):

$$W = \frac{3}{2} nR\,(T_1 - T_2) \qquad \textbf{(19)}$$

Pada Gambar 10 merupakan grafik proses adiabatik:



Gambar 10. Grafik Proses Adiabatik
Sumber: http://fisikazone.com/proses-termodinamika/

ARAH PROSES TERMODINAMIKA

Terdapat dua arah proses termodinamika, yang pertama berlangsung secara alami dalam satu arah, tetapi tidak dalam arah sebaliknya, proses semacam itu dikatakan bersifat ireversibel (*irreversible*). Proses ireversibel berlangsung spontan pada satu arah, tetapi tidak dapat berlangsung spontan pada arah sebaliknya. Salah satu contoh ireversibel adalah aliran panas atau kalor dari suhu tinggi ke suhu rendah.

Di samping proses alami yang berlangsung secara spontan, ada proses ideal yang dapat berlangsung bolak-balik atau reversibel (*reversible*). Sebuah sistem yang mengalami proses *reversible* selalu berada dalam keseimbangan termodinamika dengan lingkungannya. Dengan membuat perubahan kecil pada keadaan sistem, proses dalam arah sebaliknya dapat berlangsung. Sebagai contoh, arah aliran kalor di antara dua benda yang perbedaan suhunya sangat kecil dapat dibalik dengan membuat perubahan kecil pada salah satu benda.



E-LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK
HUKUM I TERMODINAMIKA

SEKOLAH : .....

MATA PELAJARAN : **FISIKA**

KELAS/SEM : **XI/ SEMESTER 2**

ALOKASI WAKTU : **30 MENIT**

NAMA KELOMPOK : .....

1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

Kompetensi Dasar

4.7 Membuat karya/model penerapan hukum I dan II termodinamika berikut presentasi makna fisisnya

Indikator Pencapai Kompetensi

4.7.1 Mengumpulkan alat dan bahan percobaan hukum I termodinamika

4.7.2 Merancang rangkaian alat percobaan hukum I termodinamika seperti pada video percobaan

4.7.3 Membuat karya/ model penerapan hukum I termodinamika

4.7.4 Menyelidiki hukum I termodinamika dan makna fisisnya melalui percobaan sederhana

4.7.5 Mempresentasikan hasil percobaan hukum I termodinamika bersama teman kelompok

Tujuan Percobaan

1. Peserta didik dapat menjelaskan dengan baik proses siklus dan sistem yang terisolasi pada hukum I termodinamika.
2. Peserta didik dapat menyelidiki hukum I termodinamika dan makna fisisnya melalui percobaan sederhana.

Alat dan Bahan

1. Balon
2. Botol Kaca
3. Air Panas
4. Air Es

Langkah Kerja

Mengamati

Kegiatan 1:

1. Panaskan air hingga mendidih.
2. Tutuplah ujung botol kaca dengan balon.
3. Masukkan botol kaca yang sudah tertutupi dengan balon ke dalam air yang telah mendidih.
4. Amati dan catat fenomena yang terjadi, serta foto hasil percobaan.

Kegiatan 2:

1. Selanjutnya keluarkan botol kaca dari air panas tadi, dan pindahkan botol kaca ke dalam air es.
2. Amati dan catat fenomena yang terjadi, serta foto hasil percobaan.
3. Jika merasa kesulitan, tontonlah video *Percobaan Hukum 1 Termodinamika* di bawah ini untuk memudahkan kamu mengetahui langkah-langkah kerjanya, tekan tombol *play* untuk mulai menonton.





Sumber: Youtube All in 1

Menanya

4. Ajukan pertanyaan tentang informasi yang tidak dipahami dari video yang diamati.



Tabel Data Pengamatan

Mengeksplorasi

Isilah tabel data pengamatan dibawah ini sesuai dengan hasil percobaan yang telah kamu lakukan:

No	Kegiatan	Kondisi Balon	Analisis Hukum I Termodinamika	Foto Percobaan
1	Saat botol kaca yang ditutupi dengan balon dimasukkan ke dalam air panas	.....	.....	
2	Saat botol kaca yang ditutupi dengan balon di keluarkan dari air panas dan dipindahkan ke dalam air es	.....	.....	



Pertanyaan Akhir dan Diskusi

Mengasosiasikan



Jawablah pertanyaan dibawah ini bersama kelompokmu dengan benar!

1. Apakah yang mempengaruhi balon dapat mengembang?

   Jawab:

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

2. Jelaskan perubahan energi dalam sistem selama proses termodinamika terjadi?

   Jawab:

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....



3. Apakah yang mempengaruhi balon yang awalnya mengembang kembali menyusut?
   Jawab:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Kesimpulan dan Saran:

Mengkomunikasikan



Buatlah kesimpulan dan saran berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan:

Kesimpulan:.....

Saran:.....

Klik link https://forms.gle/wV7eG6JGhvJqhzRT9 untuk mengisi data pengamatan, menjawab pertanyaan akhir dan diskusi serta membuat kesimpulan dan saran.



G. HUKUM II TERMODINAMIKA DAN ENTROPI

1. Hukum II Termodinamika

Gemar Membaca

Hukum II Termodinamika berbunyi "Kalor mengalir secara spontan dari benda bertemperatur lebih tinggi ke benda bertemperatur lebih rendah, tetapi tidak sebaliknya, kecuali pada kedua benda tersebut dilakukan pemaksaan dengan usaha luar".

Untuk menaikkan temperatur benda, Anda cukup menyediakan benda kedua yang mempunyai temperatur lebih tinggi dan membuat keduanya saling bersentuhan. Secara spontan, kalor akan mengalir dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah. Lalu, bagaimana cara menurunkan temperatur benda? Agar temperatur sebuah benda turun, kalor harus dipaksa ke luar dari benda. Jika, benda kedua mempunyai temperatur yang sama atau lebih tinggi,

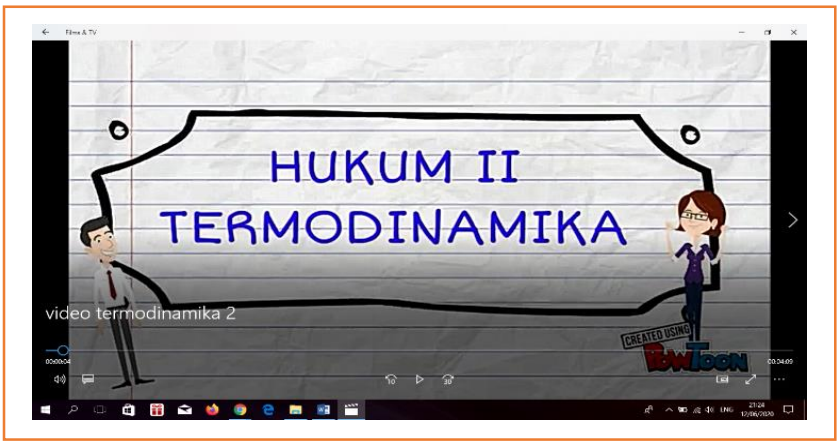
Aliran kalor dari benda pertama selamanya tidak akan pernah muncul kecuali kalor dipaksa untuk mengalir. Oleh karena itu, selamanya tidak akan terdapat aliran kalor dari benda bertemperatur lebih rendah ke benda bertemperatur lebih tinggi, kecuali memaksanya dengan usaha luar. Hal ini terangkum dalam hukum II termodinamika.

Hukum II termodinamika dinyatakan sebagai berikut:

1) Kalor mengalir secara spontan dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah dan tidak mengalir spontan dalam arah sebaliknya.
2) Total entropi jagat raya tidak berubah karena proses *reversible* terjadi ($\Delta S = 0$) dan bertambah ketika proses *irreversibel* ($\Delta S > 0$).
3) Tidak mungkin membuat suatu mesin kalor yang bekerja dalam satu siklus dengan semata-mata menyerap kalor dari sebuah *reservoir* dan mengubah seluruhnya menjadi usaha luar.

Agar lebih memahami lagi materi tentang hukum II termodinamika ini, tonton video pembelajaran berikut ini:





Sumber: Youtube Rani Yuniawati

Aplikasi Proses Termodinamika Dalam Kehidupan Sehari-Hari

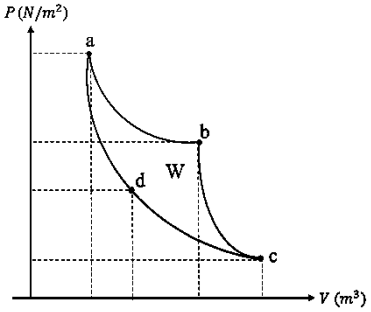
Proses-proses termodinamika diterapkan dalam beragam peralatan. Proses adiabatik ditetapkan dalam ekspansi gas pada mesin uap, ekspansi gas panas di dalam motor bakar (*internal combustion engine*), dan kompresi udara di dalam mesin diesel atau di dalam kompresor. Secara umum, mesin-mesin yang menerapkan konsep termodinamika bekerja dalam sebuah siklus termodinamika.

a. Pengertian Siklus

Siklus adalah serangkaian proses yang dimulai dari suatu keadaan awal dan berakhir pada keadaan yang sama dengan keadaan awalnya. Agar dapat melakukan usaha terus menerus, suatu sistem harus bekerja dalam satu siklus. Ada dua macam siklus yaitu siklus *reversible* (siklus yang dapat balik) dan *irreversible* (siklus yang tidak dapat balik).

b. Siklus Carnot

Dari Gambar 11, dalam siklus Carnot terjadi empat siklus berikut:



Gambar 11. Siklus mesin pemanas Carnot
Sumber: Buku Fisika Peminatan untuk SMA/MA

1) Pemuaian secara isotermik (a-b)

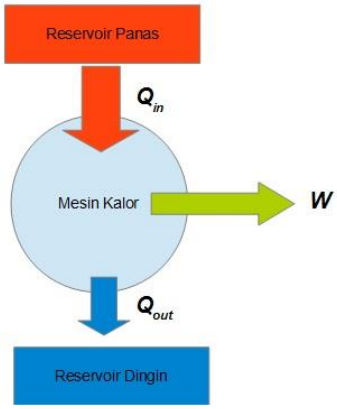
2) Pemuaian secara adiabatik (b-c)

3) Pemampatan secara isotermik (c-d)

4) Pemampatan secara adaiabatik (d-a)

c. Mesin Kalor Carnot

Mesin kalor merupakan peralatan yang mengubah sebagian panas menjadi usaha mekanik (Gambar 12). Mesin kalor bekerja dengan dua reservoir, yaitu reservoir suhu tinggi (reservoir panas) dan reservoir suhu rendah (reservoir dingin). Mesin kalor menyerap kalor dari reservoir suhu tinggi dan mengalirkan sebagian kalornya itu ke reservoir suhu rendah dan mengubah sebagian lagi menjadi usaha mekanik.



Gambar 12. Diagram aliran energi pada mesin kalor. Mesin menyerap kalor Q_1 dari reservoir panas dan mengalirkannya sebanyak Q_2 ke reservoir dingin sambil menghasilkan kerja mekanik W
Sumber: http://caatan-teknik.blogspot.com

Dalam satu siklus, Q_1 menunjukkan besar kalor yang diserap mesin dari reservoir panas dan Q_2 menunjukkan besar kalor yang dibuang mesin ke reservoir dingin. Berdasarkan penjanjuan, Q_1 positif jika kalor dipindahkan ke dalam mesin kalor dan Q_2 negatif jika kalor keluar meninggalkan mesin kalor. Berdasarkan hukum I termodinamika, usaha total mekanik yang dilakukan mesin dalam satu siklus tersebut ditunjukkan oleh persamaan (20):

$$W = Q_1 - Q_2 \qquad \textbf{(20)}$$

Idealnya, kita ingin mengubah seluruh kalor Q_1, menjadi usaha W sehingga $Q_1 = W$ dan $Q_2 = 0$. Namun, hal ini tidak mungkin tercapai. Artinya, selalu ada sebagian kalor



terbuang dan Q_2 tidak pernah sama dengan nol. Banyak sedikitnya kalor yang terbuang pada efesiensi mesin yang digunakan. Efesiensi mesin kalor yang dinyatkan dengan simbol η didefinisikan sebagai rasio antara usaha W yang dihasilkan dan kalor yang diberikan oleh reservoir panas Q_1. Secara matematis, efesiensi mesin kalor dituliskan seperti persamaan (21):

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \text{ x } 100\ \% \qquad \textbf{(21)}$$

Berdasarkan hubungan $W = Q_1 - Q_2$, efesiensi mesin kalor dapat juga dirumuskan dengan persamaan (22):

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \text{ x } 100\% \qquad \textbf{(22)}$$

Persamaan (20) menunjukkan bahwa kita tidak mungkin membuat mesin kalor dengan efesiensi 100%. Dengan kata lain, kita tidak mungkin membuat mesin kalor yang dapat mengubah seluruh kalor dari reservoir panas menjadi usaha mekanik. Hal ini mendasari pernyataan *hukum II termodinamika* yang dirumuskan oleh Kevin-Planck. Secara singkat pernyataan hukum II termodinamika menurut Kelvin-Planck:

Adalah mustahil bagi sistem manapun untuk mengalami proses dengan sistem menyerap panas dari reservoir suhu tinggi dan mengubah seluruh panas menjadi usaha mekanik.

Jika hukum II termodinamika yang dikemukakan olek Kelvin-Planck di atas tidak berlaku, berarti kita dapat menggerakkan mobil hanya dengan mendinginkan udara di sekitar mobil tersebut.

1) Mesin pendingin Carnot

Mesin pendingin merupakan mesin kalor yang beroperasi secara terbalik. Jika mesin kalor mengambil kalor dari reservoir panas dan melepaskannya ke reservoir dingin, maka mesin pendingin melakukan operasi sebaliknya, yaitu mengambil kalor dari reservoir dingin (di dalam refrigator) dan melepaskannya ke reservoir panas (udara sekitar, di luar mesin pendingin). Jika mesin kalor menghasilkan usaha mekanik, mesin pendingin justru memerlukan usaha dari luar untuk kelangsungan operasionalnya. Usaha luar itu dapat

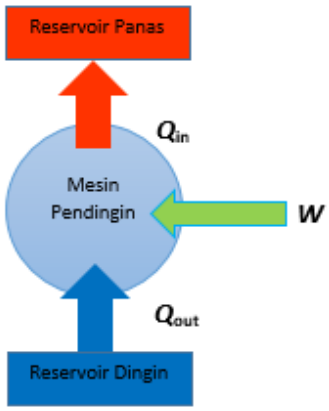
berupa energi listrik dari jaringan instalasi di rumah kita. Gambar 12 menunjukkan diagram aliran energi sebuah pendingin.

Dengan menggunakan perjanjian tanda yang telah diuraikan sebelumnya, pada mesin pendingin nilai Q_2 positif tetapi W dan Q_1 negatif. Dengan menggunakan hukum I termodinamika pada proses siklus, diperoleh persamaan $-Q_1 = Q_2 - W$, atau karena W dan Q_1 negatif, maka berlaku persamaan (23)

$$|Q_1| = |Q_2| + |W| \qquad \textbf{(23)}$$

Jadi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12, Kalor Q_1 yang keluar dari mesin dan dipindahkan ke reservoir panas selalu lebih besar daripada kalor Q_2, yang diserap mesin dari reservoir dingin dan selisihnya adalah usaha dari luar (W) yang diberikan pada mesin. Perhatikan bahwa hubungan harga mutlak persamaan (23) berlaku baik pada mesin kalor maupun pendingin.

Pembahasan mesin pendingin di atas memberikan alternative lain pernyataan hukum II termodinamika. Kalor mengalir secara spontan dari suhu tinggi ke suhu rendah, tetapi tidak pernah terjadi sebaliknya. Mesin pendingin mampu mengambil kalor dari reservoir suhu dingin dan mengalirkannya ke reservoir panas, tetapi prosenya membutuhkan masukan usaha dari luar (Gambar 13).



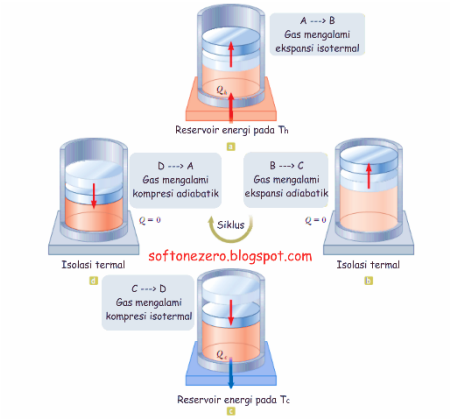
Gambar 13. Diagram aliran energi pada mesin pendingin. Mesin menyerap kalor Q_2, dari reservoir dingin dan menyerap usaha mekanik W dari luar untuk mengalirkan kalor sebanyak Q_1 ke reservoir panas
Ilustrator: Widya An Nisa Mukramah

Secara umum, hal ini merupakan pernyataan hukum II termodinamika dari Clasius, yaitu:

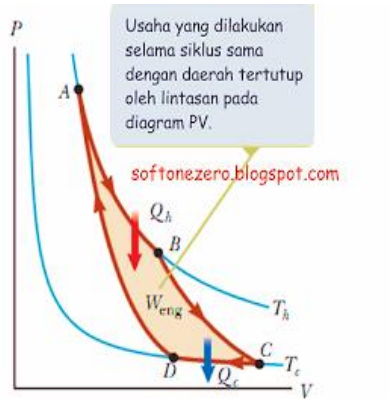
Adalah mustahil bagi proses manapun untuk mengalirkan kalor dari reservoir dingin ke reservoir panas tanpa melibatkan usaha dari luar

2) Mesin Pemanas Carnot

Menurut hukum II termodinamika, tidak ada mesin kalor yang dapat memiliki 100%. Jika kita mempunyai dua reservoir bersuhu T_1 dan T_2, berapakah besarnya efesiensi yang dapat dimiliki? Pertanyaan tersebut pertama kali dijawab oleh ilmuwan Perancis, Sadi Carnot, pada tahun 1824. Sadi Carnot mengembangkan mesin kalor dengan efesiensi maksimum yang masih memenuhi hukum II termodinamika. Siklus pada mesin itu disebut *siklus Carnot* dan mesinnya disebut *mesin Carnot*. Siklus Carnot terdiri atas dua proses isotermal dan dua proses adiabatik *reversible*.



Gambar 14. Siklus Carnot, Huruf A, B, C dan D mengacu pada keadaan dari gas yang ditunjukkan pada Gambar 15
Sumber: http://softonezero.blogspot.com



Gambar 15. Diagram PV untuk siklus Carnot
Sumber: http://softonezero.blogspot.com

Gambar 14 menunjukkan sebuah siklus Carnot yang menggunakan gas ideal. Gas ideal ditempatkan di dalam silinder yang dilengkapi piston. Proses-proses yang terjadi pada siklus tersebut adalah sebagai berikut:

1) Gas berekspansi secara isotermal pada suu T_1 dengan menyerap kalor Q_1 (proses A-B).
2) Ekspansi terjadi secara adiabatik hingga suhunya turun menjadi T_2 (proses B-C).
3) Kompresi terjadi secara isotermal pada suhu T_2 dengan mengeluarkan kalor $|Q_2|$ (proses C-D).



4) Kompresi secara adiabatik kembali ke keadaan mula-mula pada suhu T_1 (proses D-A)

Efesiensi mesin kalor, dengan simbol η, adalah perbandingan usaha total (W) yang dihasilkan oleh mesin selama satu siklus terhadap kalor (Q_1) yang dialirkan dari reservoir dalam satu siklus, seperti persamaan (24):

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \qquad \textbf{(24)}$$

dengan Q_1 adalah kalor yang diserap dari reservoir bersuhu tinggi (reservoir panas), Q adalah kalor yang dilepas ke reservoir bersuhu rendah (reservoir dingin).

Khusus pada siklus Carnot, rasio kalor di antara dua reservoir sama dengan perbandingan suhunya, $Q_2/Q_1 = T_2/T_1$ sehingga efesiensi siklus Carnot dapat juga dinyatakan dengan persamaan (25):

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\% \qquad \textbf{(25)}$$

dengan T_1, adalah suhu reservoir suhu tinggi dan T_2 adalah suhu reservoir suhu rendah. Hal ini menunjukkan bahwa efesiensi mesin Carnot bergantung pada suhu kedua reservoir. Dalam perhitungan efesiensi mesin Carnot, suhu T dinyatakan dalam skala Kelvin.

Contoh Soal:

Kalor yang diambil mesin Carnot dengan suhu 600 K adalah 800 kal. Jika mesin melepaskan panas ke lingkungan yang bersuhu 400 K, tentukan usaha yang dihasilkan! (1 kal = 4,2 J)

Penyelesaian:

Diketahui: T_1 = 600 K

T_2 = 400 K

Q_1 = 800 kal = 3.360 J

Ditanyakan: W?

Penyelesaian:

Efesiensi pada mesin Carnot ditentukan dengan persamaan:

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



Selain itu, efesiensi mesin Carnot ditentukan dengan persamaan:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$

Usaha pada mesin Carnot ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{W}{Q_1} \times 100\% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{W}{3.360\ \text{J}} = 1 - \frac{400\ \text{K}}{60\ \text{K}}$$

$$\frac{W}{3.360\ \text{J}} = 1 - \frac{2}{3}$$

$$\frac{W}{3.360\ \text{J}} = \frac{1}{3}$$

$$W = 1.120\ \text{J}$$

Jadi, usaha yang dihasilkan mesin Carnot sebesar 1.120 J.

2. Entropi

Hukum II termodinamika berkaitan dengan fakta bahwa sejumlah proses di alam semesta adalah irreversibel; proses yang hanya berlangsung dalam satu arah saja. Semua proses *irreversibel* memiliki satu kesamaan, yaitu sistem dan lingkungannya bergerak ke arah keadaan yang lebih tidak teratur. Penambahan panas pada sebuah benda akan meningkatkan ketidakteraturannya karena akan menambah kecepatan molekul rata-rata serta keacakan gerak molekul. Ekspansi bebas pada gas juga menaikkan ketidakteraturan karena molekul memiliki keacakan yang lebih besar setelah mengalami ekspansi.

Entropi merupakan suatu ukuran kuantitatif ketidakteraturan sistem. Sistem yang memiliki ketidakteraturan tinggi, semakin besar entropinya. Untuk mengenal konsep entropi, perhatikan ekspansi isotermal yang sangat kecil dari gas ideal. Gas ideal itu diberi panas *dQ* dan gas dibiarkan berekspansi pada suhu tetap. Energi dalam bergantung pada suhu sehingga pada proses isotermal energi dalam konstan, *dU* = 0. Berdasarkan hukum I termodinamika, diperoleh persamaan (26):

$$dQ = dW = \text{P}\, dV = \frac{nRT}{V} = dV \text{ atau } \frac{dV}{V} = \frac{dQ}{nRT} \qquad \textbf{(26)}$$



Gas akan berada dalam keadaan lebih tidak teratur setelah mengalami ekspansi karena molekul bergerak dalam volume yang lebih besar. Perubahan volume dibagi volume mula-mula, *dV/V*, adalah ukuran naiknya ketidakteraturan. Berdasarkan persamaan di atas *dV/V* berbanding lurus dengan *dQ/T*. Entropi sistem diberi simbol S. Perubahan entropi dS selama proses *reversible* didefinisikan sebagai persamaan (27):

$$dS = \frac{dQ}{T} \qquad \textbf{(27)}$$

Jika jumlah panas *Q* ditambahkan selama proses isotermal *reversible* pada suhu mutlak *T*, perubahan entropi dirumuskan seperti persamaan (28):

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{Q}{T} \qquad \textbf{(28)}$$

Pada proses *reversible*, perubahan entropi semesta (sistem dan lingkungan) sama dengan nol. Sebaliknya, pada proses *irreversible*, entropi semesta selalu naik. Dengan demikian, untuk sembarang proses termodinamika, entropi semesta tak pernah berkurang. Pernyataan ini merupakan pernyataan alternatif dari hukum II termodinamika yang berkaitan dengan entropi.

Mutiara Hikmah:



"Jenius adalah 1% inspirasi dan 99% keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras. Keberuntungan adalah sesuatu yang terjadi ketika kesempatan bertemu dengan kesiapan."

Thomas A. Edison



E-LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK
HUKUM II TERMODINAMIKA

SEKOLAH : .....

MATA PELAJARAN : **FISIKA**

KELAS/SEM : **XI/ SEMESTER 2**

ALOKASI WAKTU : **30 MENIT**

NAMA KELOMPOK : .....

1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

Kompetensi Dasar

4.7 Membuat karya/model penerapan hukum I dan II termodinamika berikut presentasi makna fisisnya

Indikator Pencapai Kompetensi

4.7.1 Mengumpulkan alat dan bahan percobaan hukum II termodinamika

4.7.2 Merancang rangkaian alat percobaan hukum II termodinamika seperti pada video percobaan

4.7.3 Membuat karya/ model penerapan hukum II termodinamika

4.7.4 Menyelidiki hukum II termodinamika dan makna fisisnya melalui percobaan sederhana

4.7.5 Mempresentasikan hasil percobaan hukum II termodinamika bersama teman kelompok

Tujuan Percobaan

1. Peserta didik dapat Menyelidiki hukum II termodinamika dan makna fisisnya melalui percobaan sederhana
2. Peserta didik dapat menyebutkan macam-macam mesin yang berkaitan dengan hukum II termodinamika

Alat dan Bahan

1. Balon
2. Baking Soda
3. Cuka
4. Botol

Langkah Kerja

Mengamati

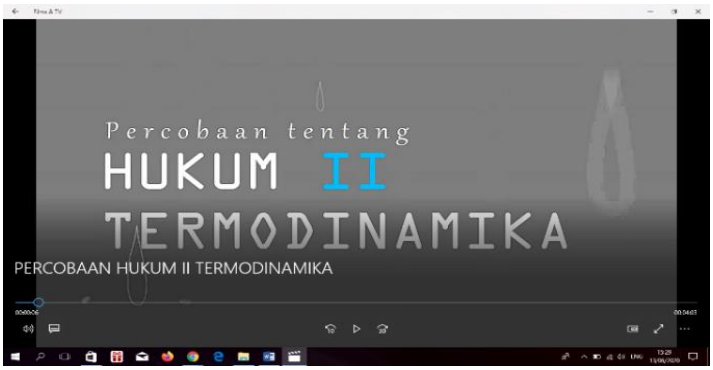
Kegiatan 1:

1. Masukkan cuka ke dalam botol.
2. Tutup botol dengan balon.
3. Amati dan catat peristiwa yang terjadi, serta foto hasil percobaan.

Kegiatan 2:

1. Masukkan baking soda ke dalam balon.
2. Selanjutnya, ambil cuka dan masukkan ke dalam botol.
3. Ambil balon yang sudah terisi baking soda dan tutup ujung botol tersebut dengan balon.
4. Tumpahkan baking soda yang ada di dalam balon tersebut ke dalam botol.
5. Amati dan catat peristiwa yang terjadi, serta fotol hasil percobaan.
6. Jika merasa kesulitan, tontonlah video Percobaan Hukum II Termodinamika berikut ini untuk memudahkan kamu mengetahui langkah-langkah kerjanya, tekan tombol *play* untuk mulai menonton.





Menanya

7. Ajukan pertanyaan tentang informasi yang tidak dipahami dari video yang diamati.



Tabel Data Pengamatan

Mengeksplorasi

Isilah tabel data pengamatan dibawah ini sesuai dengan hasil percobaan yang telah kamu lakukan:

No	Kegiatan	Deksripsi Keadaan yang Terjadi	Analisis Hukum II Termodinamika	Foto Percobaan
1	Saat botol yang di dalamnya terdapat cuka lalu ditutupi dengan balon	.....	.....	
2	Saat botol yang di dalamnya terdapat cuka lalu ditutupi dengan balon yang berisi baking soda	.....	.....	





Pertanyaan Akhir dan Diskusi

Mengasosiasi

Jawablah pertanyaan dibawah ini bersama kelompokmu dengan benar!

1. Apakah yang menyebabkan balon tidak mengembang pada kegiatan 1? Jawablah sesuai konsep hukum II termodinamika!

   Jawab:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Apakah yang menyebabkan balon menjadi mengembang pada kegiatan 2? Jawablah sesuai konsep hukum II termodinamika!

   Jawab:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



3. Sebutkan dan jelaskan contoh mesin dalam kehidupan sehari-hari yang prinsip kerjanya sesuai dengan prinsip hukum II termodinamika!

   Jawab:



Kesimpulan dan Saran

Mengkomunikasikan



Buatlah kesimpulan dan saran berdasarkan percobaan yang telah dilakukan:

Kesimpulan:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Saran:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Klik link https://forms.gle/26oKwgRfFJSQLcL48 untuk mengisi data pengamatan, menjawab pertanyaan akhir dan diskusi serta membuat kesimpulan dan saran.



RANGKUMAN

1. Dalam proses termodinamika berlaku perjanjian tanda untuk kalor Q dan usaha W berikut:
   - *Q* positif jika kalor masuk sistem, *Q* negatif jika kalor keluar dari sistem,
   - W positif jika usaha dilakukan oleh sistem terhadap lingkungan, *W* negatif jika usaha dilakukan oleh lingkungan terhadap sistem

2. Usaha W yang dilakukan oleh sistem ketika terjadi perubahan volume sebesar *dV* dirumuskan sebagai
   $$W = P\,dV$$

3. Usaha yang dilakukan oleh sistem pada tekanan p konstan adalah $W = P\,(V_2 - V_1)$

4. Hukum ke- Nol termodinamika menyatakan bahwa "*Jika dua sistem yang terpisah berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem yang lain (sistem yang ketiga), maka kedua sistem tersebut juga berada dalam kesetimbangan termal"*.

5. Hukum I Termodinamika menyatakan bahwa "*Untuk setiap proses apabila kalor Q diberikan kepada sistem dan sistem melakukan usaha W, maka akan terjadi perubahan energi dalam* $\Delta U = Q - W$"

6. Perubahan energi dalam selama proses termodinamika apapun hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir, tidak bergantung pada lintasan yang menghubungkan kedua keadaan itu.

7. Jenis-jenis proses termodinamika
   - Proses isokhorik : berlangsung pada volume konstan
   - Proses isobarik : berlangsung pada tekanan konstan
   - Proses isotermal : berlangsung pada suhu konstan
   - Proses adiabatik : berlangsung tanpa ada perpindahan kalor antara sistem dan lingkungan

7. Efesiensi mesin kalor $\boldsymbol{\eta}$ didefinisikan sebagai rasio antara usaha yang dilakukan W dan kalor yang diberikan mesin oleh reservoir panas (Q_1), $\eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

8. Hukum II termodinamika menurut Kelvin-Planck: "*Adalah mustahil bagi sistem manapun untuk mengalami proses dengan sistem menyerap panas dari reservoir suhu tinggi dan mengubah seluruh kalor menjadi usaha mekanik"*.

9. Hukum II termodinamika menurut Clasius: "*Adalah mustahil bagi proses manapun untuk mengalirkan panas dari benda ke benda yang lebih panas tanpa melibatkan usaha dari luar".*

10. Efesiensi mesin Carnot didefinisikan sebagai $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ dengan T_1, adalah suhu reservoir suhu tinggi dan T_2 adalah suhu reservoir suhu rendah.

Uji Kompetensi

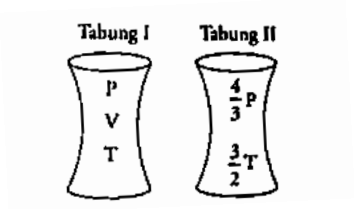
Pilihan Ganda

Berilah tanda silang (x) pada jawaban yang paling tepat!

1. Suatu gas yang menempati wadah berpiston dengan volume 10 cm^3 dipanaskan pada tekanan tetap sebesar 10^5 Pa sehingga volumenya menjadi dua kali semula. Usaha yang dilakukan gas itu sebesar …..
   a. 0,5 J
   b. 1,0 J
   c. 2,5 J
   d. 4,5 J
2. Besaran termodinamika yang menyerupai perubahan setiap keadaan, dari keadaan awal hingga keadaan akhir sistem disebut …..
   a. Entropi
   b. Isobarik
   c. Isokhorik
   d. Isotermal

(UN FISIKA 2016)

3. Suatu gas idela mula-mula menempati ruangan yang volumenya V dan suhu T dan tekanan P.



Jika gas dipanaskan kondisinya seperti pada tabung 2, maka volume gas menjadi …..

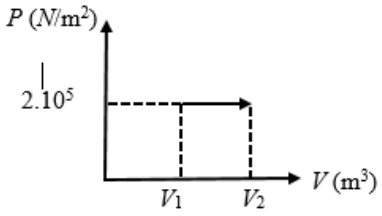
a. 1/2 V
b. 8/9 V
c. 9/8 V
d. 2/3 V

(UN FISIKA 2014)

4. Di dalam ruang tertutup suhu suatu gas 27°C, tekanan 1 atm dan volume 0,5 liter. Jika suhu gas di naikkan menjadi 32°C dan tekanan menjadi 2 atm, maka volume gas menjadi …..
   a. 1 liter
   b. 0,5liter
   c. 0,25 liter
   d. 0,125 liter

(UM UGM 2007)

5. Perhatikan grafik hubungan antara *P-V* berikut.



Jika V_1 = 10 m^3 dan usaha yang dilakukan gas dari keadaan pertama ke keadaan kedua adalah 40 J, maka nilai V_2 adalah …..

a. 10m^3
b. 20m^3
c. 30 m^3
d. 40 m^3



6. Sebuah mesin Carnot yang bekerja di antara dua reservoir bersuhu 27°C dan 227°C digunakan untuk menggerakkan sebuah generartor yang mempunyai tegangan keluaran 220 V. Jika mesin Carnot itu menyerap kalor 5.500 J/s, arus listrik maksimum yang keluar dari generator itu sebesar …..
   a. 2,75 A
   b. 10 A
   c. 15 A
   d. 22 A
7. Dalam siklus Carnot terdapat empat proses, yaitu …..
   a. Ekspansi isotermal, ekspansi adiabatik, kompresi isotermal, dan kompresi adiabatik.
   b. Kompresi isotermal, kompresi adiabatik, ekspansi isotermal, dan ekspansi adiabatik.
   c. Ekspansi isobarik, ekspansi adiabatik, kompresi isobarik, dan kompresi adiabatik.
   d. Kompresi isobarik, ekspasi adiabatik, kompresi isobarik, dan kompresi adiabatik.
8. Efisiensi mesin Carnot yang reservoir panasnya bersuhu 400 K adalah 40%. Jika reservoir panasnya bersuhu 640 K, efisiensinya menjadi …..
   a. 50,0%
   b. 52,5%
   c. 57,0%
   d. 62,5%

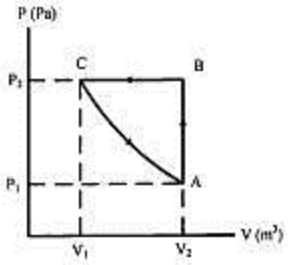
(UN FISIKA 2005)

9. Sebuah mesin Carnot yang menggunakan reservoir suhu tinggi 600 K mempunyai efisiensi 20%. Agar efisiensinya maksimum naik menjadi 60%, suhu reservoir rendah tetap, maka seharusnya suhu reservoir suhu tinggi adalah …..
   a. 1.400 K
   b. 950 K
   c. 850 K
   d. 1200 K

10. Pada gas ideal yang mengalami proses siklus berlaku hubungan …..
    a. Q = 0
    b. W = 0
    c. ΔU = 0
    d. ΔU = Q

11. Jika suatu sistem gas ideal mengalami kompresi pada suhu tetap, maka …..
    a. Usaha dalam sistem tidak berubah
    b. Kalor yang dilakukan pada sistem sama dengan nol
    c. Kalor keluar dari sistem dan energi dalam sistem tidak beruba
    d. Kalor keluar dari sistem dan kerja yang dilakukan pada sistem sama dengan nol

12. Perhatikan grafik *P* – *V* dan pernyataan berikut ini!



1) Proses BC, sistem menyerap kalor.
2) Proses AB, sistem menyerap kalor.
3) Proses BC, usaha bernilai negatif.
4) Proses AB, diperoleh $\Delta U = Q$

Pernyataan yang benar adalah …..

a. (1) dan (2)
b. (1) dan (4)
c. (2) dan (3)
d. (2) dan (4)

13. Suatu gas ideal dalam ruang tertutup mengalami proses isokorik sehingga:

(1) Suhunya berubah
(2) Volumenya tetap
(3) Tekanan berubah
(4) Usahanya = 0

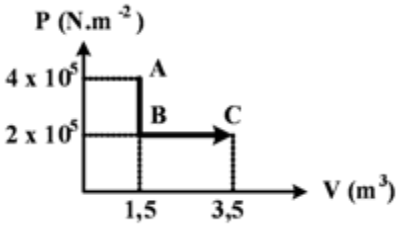
Pernyataan yang benar adalah …..

a. (1), (2), (3), dan (4)
b. (1), (2), dan (3) saja
c. (1) dan (3) saja
d. (2) dan (4) saja

14. Dua mol gas mula-mula menempati ruang *V* dan tekanannya *P*. Gas tersebut dimampatkan secara isotermal pada suhu 227°C, sehingga volume akhir gas tersebut menjadi sepertiga dari volume awalnya. Tekanan gas pada keadaan akhir adalah …..

a. 0,5 *P*
b. 0,75 *P*
c. 1,75 *P*
d. *2 P*

15. Diagram P–V dari gas helium yang mengalami proses termodinamika ditunjukkan seperti gambar berikut….



a. 660 kJ
b. 400 kJ
c. 280 kJ
d. 120 kJ

Note:

Klik link di bawah ini untuk menjawab Uji Kompetensi Termodinamika

https://forms.gle/fR1BTM438q4uu9nKA



GLOSARIUM

B

Batas	Permukaan yang memisahkan sistem dengan lingkungan.

E

Energi dalam	Energi total sistem dari keselurusan energi individual kinetik dan energi potensial.
Energi mekanik	Jumlah dari energi kenetik dan energi potensial yang ada pada suatu sistem.
Energi potensial	Energi yang tersimpan dalam medan. Medan sendiri adalah suatu besaran fisika yang merupakan fungsi kontinu dari posisi dalam suatu ruang.
Entropi	Entropi merupakan suatu ukuran kuantitatif ketidakteraturan sistem.

K

Kesetimbangan termodinamika	Suatu sistem dikatakan setimbang termodinamika bila sistem tersebut berada dalam setimbang termal, mekanik, dan kimia.

L

Lingkungan	Segala sesuatu yang berada diluar sistem, yang berpengaruh secara signifikan pada sistem.

S

Sistem terbuka	Sistem yang mengizinkan adanya interaksi usaha, kalor, dan massa.
Sistem tertutup	Sistem yang tidak mengizinkan adanya interaksi kalor dengan lingkungannya.

T

Termodinamika	Cabang ilmu fisika yang mempelajari perilaku zat di bawah kontrol suhu secara makroskopik.
Temperatur	Suhu, Besaran fisika yang dimiliki bersama oleh dua buah sistem atau lebih dalam keadaan setimbang termal.

U

Usaha (Kerja	Suatu proses transfer energi.



Usaha luar	Usaha yang diperlukan untuk melawan gaya-gaya dari luar. Usaha ini hanya di kenal dalam termodinamika saja, yaitu ketika sistem melakukan usaha pada lingkungan atau sebaliknya.
Usaha mekanis	Proses transfer energi dari suatu benda ke benda lain atau dari sistem ke lingkungan melalui gaya.
	P
Proses Adiabatik	Proses adiabatik adalah proses perubahan keadaan gas bila tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem.
Proses Isobarik	Proses yang berlangsung pada tekanan konstan.
Proses isokhorik	Proses isokhorik atau proses isometrik, proses yang berlangsung pada volume konstan.
Proses isotermal	Proses yang berlansung pada suhu konstan.
Proses Adiabatik	Proses adiabatik adalah proses perubahan keadaan gas bila tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem.



DAFTAR PUSTAKA

Kanginan, Marthen. 2017. *FISIKA Kelas 2 SMA/MA*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Moran, Michael J. & Shapiro, Howard .N. 2004. *Termodinamika Teknik Edisi Ke- 4*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Nurma, Siti & Bangun, Retno. 2017. *Pendalaman Buku Teks Fisika 2B SMA Kelas XI*. Jakarta: Yudhistira.

Rasyid, Muhammad Farchani, dkk. 2018. *Kajian Konsep Fisika 2 SMA/MA Kelas XI*. Solo: PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri

Ruwanto, Bambang. 2017. *FISIKA SMA Kelas XI*. Jakarta: Yudhistira.

Supriati, Yuni. 2019. *Buku Pengayaan dan Penilaian Mozaik Fisika 2 SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Yudhistira.

Young, Hugh. D, dkk. 2002. *Fisika Universitas Edisi 10 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.



RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN
(RPP)

Sekolah : SMA
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI / Genap
Materi Pokok : Hukum Termodinamika
Alokasi Waktu : 3 JP

A. Kompetensi Inti

- **KI-1 dan KI-2: Menghayati dan mengamalkan** ajaran agama yang dianutnya. **Menghayati dan mengamalkan** perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".
- **KI 3:** Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah
- **KI4:** Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan

B. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Dasar	Indikator
3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan hukum Termodinamika	**Pertemuan 1** 3.7.3 Mengidentifikasi sistem dan lingkungan termodinamika 3.7.4 Mengklasifikasikan jenis-jenis sistem



	3.7.5 Menyebutkan contoh penerapan jenis-jenis sistem termodinamika dalam kehidupan sehari-hari **Pertemuan 2** 3.7.6 Mengidentifikasi Hukum ke- Nol Termodinamika dan Hukum I Termodinamika 3.7.7 Menjelaskan pengertian usaha, energi dalam dan kapasitas kalor 3.7.8 Mengklasifikasikan jenis-jenis proses termodinamika 3.7.9 Menghitung usaha, energi dalam, dan kapasitas kalor **Pertemuan 3** 3.7.10 Mengidentifikasi Hukum II Termodinamika dan Entropi 3.7.11 Menjelaskan pengertian siklus, siklus Carnot, mesin kalor Carnot, dan entropi 3.7.12 Menghitung efesiensi mesin pendingin Carnot dan mesin pemanas Carnot 3.7.13 Menganalisis hubungan tekanan (P), volume (V) dan suhu (T) dari mesin kalor dan siklus Carnot dalam diagram P-V
4.7 Membuat karya/ model penerapan hukum I dan II Termodinamika berikut presentasi makna fisisnya	**Pertemuan 1** 4.7.5 Mengikuti langkah kerja pada lembar kerja peserta didik 4.7.6 Mengidentifikasi hubungan konsep sistem dan lingkungan termodinamika melalui sebuah tayangan video pembelajaran 4.7.7 Melengkapi jawaban pada tugas dan pertanyaan akhir yang ada pada lembar kerja peserta didik 4.7.8 Mempresentasikan hubungan konsep sistem dan lingkungan beserta makna fisisnya berdasarkan skema yang telah tersedia **Pertemuan 2**



	4.7.6 Mengumpulkan alat dan bahan percobaan hukum I termodinamika 4.7.7 Merancang rangkaian alat percobaan hukum I termodinamika seperti pada video percobaan 4.7.8 Membuat karya/ model penerapan hukum I termodinamika 4.7.9 Menyelidiki hukum I termodinamika dan makna fisisnya melalui percobaan sederhana 4.7.10 Mempresentasikan hasil percobaan hukum I termodinamika bersama teman kelompok **Pertemuan 3** 4.7.6 Mengumpulkan alat dan bahan percobaan hukum II termodinamika 4.7.7 Merancang rangkaian alat percobaan hukum II termodinamika seperti pada video percobaan 4.7.8 Membuat karya/ model penerapan hukum II termodinamika 4.7.9 Menyelidiki hukum II termodinamika dan makna fisisnya melalui percobaan sederhana 4.7.10 Mempresentasikan hasil percobaan hukum II termodinamika bersama teman kelompok

C. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti proses pembelajaran, peserta didik diharapkan dapat:

- Mengidentifikasi sistem dan lingkungan termodinamika dengan akurat setelah melihat tayangan video pembelajaran
- Mengklasifikasikan jenis-jenis sistem termodinamika dengan benar melalui tayangan video pembelajaran
- Menyebutkan contoh penerapan jenis-jenis sistem termodinamika dalam kehidupan sehari-hari secara benar dengan mengamati lingkungannya
- Mengidentifikasi Hukum ke- Nol Termodinamika dan Hukum I Termodinamika dengan akurat setelah melihat tayangan video pembelajaran



- Menjelaskan pengertian usaha, energi dalam, dan kapasitas kalor dengan benar setelah membaca e-modul termodinamika
- Mengklasifikasikan jenis-jenis proses termodinamika dengan benar setelah membaca e-modul termodinamika
- Menghitung usaha, energi dalam, dan kapasitas kalor dengan benar setelah memperhatikan guru menyelesaikan contoh soal
- Mengidentifikasi Hukum II Termodinamika dan Entropi dengan akurat setelah melihat tayangan video pembelajaran
- Menjelaskan pengertian siklus, siklus Carnot, mesin kalor Carnot, dan entropi dengan benar setelah membaca e-modul termodinamika
- Menghitung efesiensi mesin pendingin Carnot dan mesin pemanas Carnot dengan benar setelah memperhatikan guru menyelesaikan contoh soal
- Menganalisis hubungan tekanan (P), volume (V) dan suhu (T) dari mesin kalor dan siklus Carnot dalam diagram P-V dengan benar setelah mempelajari materi ini
- Mempresentasikan hubungan konsep sistem dan lingkungan beserta makna fisisnya berdasarkan skema yang telah tersedia dengan benar
- Membuat karya/ model penerapan hukum I termodinamika berikut presentasi makna fisisnya dengan benar
- Membuat karya/ model penerapan hukum II termodinamika berikut presentasi makna fisisnya dengan benar

D. Materi Pembelajaran

➢ Faktual

1. Ketika air mendidih, air mampu mengangkat tutup panci
2. Ketika mengukur suhu secangkir kopi panas, maka termometer dicelupkan ke dalam kopi. Ketika skala suhu termometer tidak berubah, termometer dan kopi telah mencapai keseimbangan termal
3. Air hangat akan dingin ketika dimasukkan ke dalam *freezer*
4. Motor yang terisi bensin, maka dapat bergerak



- **Konseptual**
  1. Sistem dan lingkungan termodinamika
  2. Hukum ke- Nol termodinamika dan Hukum I Termodinamika
  3. Hukum II termodinamika dan Entropi
- **Prosedural**
  1. Langkah kerja membuat karya/ model penerapan sistem termodinamika
  2. Langkah kerja membuat karya/ model penerapan hukum I termodinamika
  3. Langkah kerja membuat karya/ model penerapan hukum II termodinamika
- **Metakognitif**
  1. Merefleksikan diri untuk mengetahui konsep mana yang sudah dipahami dan yang belum dipahami
  2. Melihat kekeliruan atau miskonsepsi konsep untuk memperbaiki percobaan agar hasilnya lebih mendekati kebenaran

E. Metode Pembelajaran

Pendekatan : Saintifik
Model : Discovery Learning
Metode : Percobaan, Diskusi dan Persentasi

F. Media Pembelajaran

Media:

- Worksheet atau lembar kerja peserta didik
- Lembar penilaian, LCD Proyektor

Alat/Bahan:

- Semua yang tertera di lembar kerja peserta didik
- Laptop & infocus

G. Sumber Belajar

- Buku Fisika peserta didik kelas XI, Kemendikbud, Tahun 2016
- E-modul termodinamika berbasis flipbook maker
- Lingkungan setempat



H. Langkah-Langkah Pembelajaran

Pertemuan ke- 1

Sintak	Kegiatan Peserta Didik	Alokasi Waktu
Kegiatan awal		
	• Peserta didik bersiap dan menjawab salam yang diberikan oleh guru • Peserta didik membaca doa sebelum memulai pelajaran • Peserta didik menjawab absen saat guru mengecek kehadiran peserta didik	**15 menit**
Apersepsi	• Peserta didik menjawab apersepsi yang ditanyakan guru: ***"****Pernahkah kalian memasak air di dalam panci? Bagaimana reaksi yang terjadi saat air sudah mulai mendidih?"*	
Stimulation (Pemberian rangsangan)	• Peserta didik menjawab pertanyaan yang diberikan oleh guru: *"Mengapa jika air yang mendidih dapat mengangkat tutup panci? adakah diantara kalian yang dapat menjelaskan mengapa hal itu terjadi"* • Peserta didik mendengarkan tujuan pembelajaran yang disampaikan oleh guru. • Peserta didik menerima motivasi yang diberikan guru untuk aktif dalam proses pembelajaran • Peserta didik mengambil tempat dan membentuk kelompok yang diberikan guru secara heterogen dengan setiap kelompok terdiri dari 4-5 orang	
Kegiatan Inti		
Problem statement (Pernyataan/ identifikasi masalah	***Mengamati*** • Peserta didik mengamati dengan seksama video pembelajaran materi "*Sistem dan lingkungan termodinamika*" yang diberikan guru sampai selesai • Peserta didik mengidentifikasi masalah mengenai "*Sistem dan lingkungan termodinamika*" yang tidak dimengerti setelah mengamati video pembelajaran ***Menanya***	**100 menit**



	• Peserta didik bertanya kepada guru mengenai hal yang sudah diidentifikasi dan tidak dimengerti pada tayangan video pembelajaran "*Sistem dan lingkungan termodinamika*"	
Data collection (Pengumpulan data)	***Mengeksplorasi*** • Peserta didik mulai mengerjakan LKPD untuk mencari tahu bersama-sama jawaban dari pertanyaan yang diajukan oleh teman sekelas mengenai *"Sistem dan lingkungan termodinamika"* • Peserta didik dibimbing oleh guru untuk mencatat semua informasi yang berkaitan dan mengisi tabel data pengamatan	
Data processing (Pengolahan data)	***Mengasosiasikan*** • Peserta didik dibimbing oleh guru untuk mengolah data hasil observasi lalu ditafsirkan	
Verification (Pembuktian)	• Peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang ditetapkan untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan atau pemahaman melalui contoh-contoh yang peserta didik jumpai dalam kehidupannya dan dihubungkan dengan hasil pengolahan data.	
Generalization (Generalisasi) Menarik kesimpulan	***Mengkomunikasikan*** • Peserta didik melakukan diskusi kelompok untuk menarik kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran pada LKPD dan menyiapkan jawaban pertanyaan awal yang diberikan teman-teman sebelum mengerjakan LKPD	
Kegiatan Penutup		
	• Peserta didik bertanya mengenai hal yang belum dimengerti kepada guru • Peserta didik bersama guru menyimpulkan materi pembelajaran yang meliputi: - Sistem termodinamika - Jenis sistem termodinamika - Lingkungan termodinamika • Peserta didik mendegar tugas yang diberikan guru yaitu mengumpulkan laporan percobaan secara individu di minggu yang akan dating • Peserta didik mengucapkan hamdalah dan menjawab salam kepada guru	**20 menit**



Pertemuan ke- 2

Sintak	Kegiatan Peserta Didik	Alokasi Waktu
Kegiatan awal		
	• Peserta didik bersiap dan menjawab salam yang diberikan oleh guru • Peserta didik membaca doa sebelum memulai pelajaran • Peserta didik menjawab absen saat guru mengecek kehadiran peserta didik	**15 menit**
Apersepsi	• Peserta didik menjawab apersepsi yang ditanyakan guru: **"***Pernahkah kalian mengukur suhu badan menggunakan termometer? Bagaimana bisa termometer membaca suhu badan kita?"*	
Stimulation (Pemberian rangsangan)	• Peserta didik menjawab pertanyaan yang diberikan oleh guru: *"Air panas yang dimasukkan ke dalam termos akan terjaga kehangatannya, mengapa hal demikian dapat terjadi?"* • Peserta didik mendengarkan tujuan pembelajaran yang disampaikan oleh guru. • Peserta didik menerima motivasi yang diberikan guru untuk aktif dalam proses pembelajaran • Peserta didik mengambil tempat dan membentuk kelompok yang diberikan guru secara heterogen dengan setiap kelompok terdiri dari 4-5 orang	
Kegiatan Inti		
Problem statement (Pernyataan/ identifikasi masalah	***Mengamati*** • Peserta didik mengamati dengan seksama video pembelajaran materi "*Hukum ke- nol termodinamika dan Hukum I termodinamika*" yang diberikan guru sampai selesai • Peserta didik mengidentifikasi masalah mengenai "*Hukum ke- nol termodinamika dan Hukum I*	**100 menit**



	termodinamika" yang tidak dimengerti setelah mengamati video pembelajaran ***Menanya*** • Peserta didik bertanya kepada guru mengenai hal yang sudah diidentifikasi dan tidak dimengerti pada tayangan video pembelajaran "*Hukum ke- nol termodinamika dan Hukum I termodinamika*" • Peserta memperhatikan guru menyelesaikan contoh soal mengenai: - Usaha - Energi dalam - Kapasitas kalor - Proses termodinamika dengan seksama agar dapat menjawab soal latihan	
Data collection (Pengumpulan data)	***Mengeksplorasi*** • Peserta didik mulai mengerjakan LKPD untuk mencari tahu bersama-sama jawaban dari pertanyaan yang diajukan oleh teman sekelas mengenai "*Hukum ke- nol termodinamika dan Hukum I termodinamika*" • Peserta didik dibimbing oleh guru untuk mencatat semua informasi yang berkaitan dan mengisi tabel data pengamatan	
Data processing (Pengolahan data)	***Mengasosiasikan*** • Peserta didik dibimbing oleh guru untuk mengolah data hasil observasi lalu ditafsirkan	
Verification (Pembuktian)	• Peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang ditetapkan untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan atau pemahaman melalui contoh-contoh yang peserta didik jumpai dalam kehidupannya dan dihubungkan dengan hasil pengolahan data.	
Generalization (Generalisasi) Menarik kesimpulan	***Mengkomunikasikan*** • Peserta didik melakukan diskusi kelompok untuk menarik kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran pada LKPD dan menyiapkan jawaban pertanyaan awal yang diberikan teman-teman sebelum mengerjakan LKPD	
Kegiatan Penutup		
	• Peserta didik bertanya mengenai hal yang belum dimengerti kepada guru • Peserta didik bersama guru menyimpulkan materi pembelajaran yang meliputi: - Hukum ke- nol termodinamika - Hukum I termodinamika	**20 menit**



	• Peserta didik mendegar tugas yang diberikan guru yaitu mengumpulkan laporan percobaan secara individu di minggu yang akan dating • Peserta didik mengucapkan hamdalah dan menjawab salam kepada guru	

Pertemuan ke- 3

Sintak	Kegiatan Peserta Didik	Alokasi Waktu
Kegiatan awal		
	• Peserta didik bersiap dan menjawab salam yang diberikan oleh guru • Peserta didik membaca doa sebelum memulai pelajaran • Peserta didik menjawab absen saat guru mengecek kehadiran peserta didik	**15 menit**
Apersepsi	• Peserta didik menjawab apersepsi yang ditanyakan guru: **"***Apakah kalian pernah memasak nasi? Atau kalian pernah berada di dalam ruangan AC?*	
Stimulation (Pemberian rangsangan)	• Peserta didik menjawab pertanyaan yang diberikan oleh guru: "Apa yang menyebabkan AC dapat mendinginkan ruangan yang panas? Juga bagaimana rice cooker dapat membuat nasi menjadi masak? Apakah prinsip kerja kedua benda tersebut?" • Peserta didik mendengarkan tujuan pembelajaran yang disampaikan oleh guru. • Peserta didik menerima motivasi yang diberikan guru untuk aktif dalam proses pembelajaran • Peserta didik mengambil tempat dan membentuk kelompok yang diberikan guru secara heterogen dengan setiap kelompok terdiri dari 4-5 orang	
Kegiatan Inti		
Problem statement (Pernyataan/	***Mengamati***	**100 menit**



Identifikasi masalah)	• Peserta didik mengamati dengan seksama video pembelajaran materi "*Hukum II termodinamika dan Entropi*"yang diberikan guru sampai selesai • Peserta didik mengidentifikasi masalah mengenai "*Hukum II termodinamika dan Entropi*" yang tidak dimengerti setelah mengamati video pembelajaran ***Menanya*** • Peserta didik bertanya kepada guru mengenai hal yang sudah diidentifikasi dan tidak dimengerti pada tayangan video pembelajaran "*Hukum II termodinamika dan Entropi*" • Peserta memperhatikan guru menyelesaikan contoh soal mengenai: - Siklus Carnot - Mesin pendingin Carnot - Mesin pemanas Carnot - Entropi dengan seksama agar dapat menjawab soal latihan	
Data collection (Pengumpulan data)	***Mengeksplorasi*** • Peserta didik mulai mengerjakan LKPD untuk mencari tahu bersama-sama jawaban dari pertanyaan yang diajukan oleh teman sekelas mengenai "*Hukum II termodinamika dan Entropi*" • Peserta didik dibimbing oleh guru untuk mencatat semua informasi yang berkaitan dan mengisi tabel data pengamatan	
Data processing (Pengolahan data)	***Mengasosiasikan*** • Peserta didik dibimbing oleh guru untuk mengolah data hasil observasi lalu ditafsirkan	
Verification (Pembuktian)	• Peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang ditetapkan untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan atau pemahaman melalui contoh-contoh yang peserta didik jumpai dalam kehidupannya dan dihubungkan dengan hasil pengolahan data.	
Generalization (Generalisasi) Menarik kesimpulan	***Mengkomunikasikan*** • Peserta didik melakukan diskusi kelompok untuk menarik kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran pada LKPD dan menyiapkan jawaban pertanyaan awal yang diberikan teman-teman sebelum mengerjakan LKPD	
Kegiatan Penutup		



	• Peserta didik bertanya mengenai hal yang belum dimengerti kepada guru • Peserta didik bersama guru menyimpulkan materi pembelajaran yang meliputi: - Hukum II termodinamika - Entropi • Peserta didik mendegar tugas yang diberikan guru yaitu mengumpulkan laporan percobaan secara individu di minggu yang akan dating • Peserta didik mengucapkan hamdalah dan menjawab salam kepada guru	**20 menit**

I. Penilaian Hasil Pembelajaran
Instrumen Penilaian

1. Tekni Penilaian

- Pengetahuan : Tes tulis
- Sikap : Observasi
- Keterampilan : Penilaian Kerja

2. Bentuk Instrumen

Pengetahuan : Soal
- Sikap : Observasi
- Keterampilan : Rubrik penilaian unjuk kerja

Banda Aceh, 12 Juli 2020

Mengetahui,
Kepala MAN Kuta Baro Aceh Besar

Guru Mata Pelajaran

Bambang Irawan S, S.Ag.
NIP.

Zilla Phonna, S.Pd
NIP.

Catatan Kepala Sekolah

.....
.....
.....
.....
.....



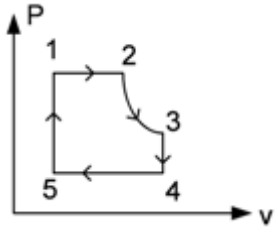
LEMBAR PENGAMATAN PENILAIAN KOGNITIF

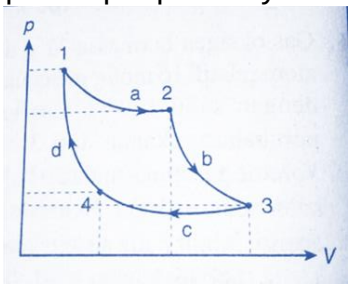
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI/ 2
Waktu Pengamatan : Saat evaluasi pembelajaran

Lampiran 1

Format Penilaian Kognitif

No.	Indikator Pencapaian	Bentuk Penilaian	Bentuk Instrumen	Soal
1.	Mengidentifikasi sistem dan lingkugan termodinamika	Tes tulis	Pilihan ganda	Sebuah bejana berisi gas Nitrogen (N_2) diukur suhunya dengan menggunakan termometer. Identifikasilah mana yang termasuk sistem dan manakah yang termasuk lingkungan dari pernyataan tersebut ….. a. Nitrogen sebagai sistem dan termometer sebagai lingkungan b. Termometer sebagai sistem dan nitrogen sebagai lingkungan c. Nitrogen sebagai sistem dan bejana sebagai lingkugan d. Nitrogen sebagai sistem lalu bejana dan termometer sebagai lingkungan
2.	Mengklasifikasikan jenis-jenis sistem	Tes tulis	Pilihan ganda	Berikut ini merupakan jenis-jenis sistem: 1. Sistem terbuka 2. Sistem terkunci 3. Sistem tertutup 4. Sistem terisolasi Manakah dari pernyataan berikut yang merupakan jenis-jenis sistem ….. a. 1 dan 3 b. 1 dan 2 c. 1, 2, dan 3 d. 1, 3, dan 4
3.	Menyebutkan contoh penerapan jenis-jenis sistem termodinamika dalam	Tes Tulis	Pilihan ganda	Turbin gas bekerja saat udara masuk ke dalam kompresor melalui saluran masuk udara. Lalu udara dihisap oleh kompresor sehingga temperatur udara

	kehidupan sehari-hari			meningkat dan masuk ke dalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar dilakukan proses pembakaran, gas hasil pembakaran tersebut di alirkan ke turbin gas. Setelah melewati turbin gas tersebut akan dibuang ke luar melalui saluran buang. Dari contoh di atas, sebutkan jenis sistem termodinamika yang digunakan…… a. Sistem tertutup b. Sistem terisolasi c. Sistem terbuka dan tertutup d. Sistem terbuka
4.	Mengidentifikasi Hukum ke- Nol Termodinamika dan Hukum I Termodinamika	Tes tulis	Pilihan Ganda	Jika kita akan mengukur suhu secangkir kopi panas, maka termometer dicelupkan ke dalam kopi. Setelah skala suhu termometer tidak berubah, maka kita akan membaca skala suhunya. Dari contoh berikut, hukum termodinamika apakah yang berlaku…… a. Hukum ke- nol termodinamika b. Hukum I termodinamika c. Hukum II termodinamika d. Hukum entropi
5.	Mengklasifikasikan jenis-jenis proses termodinamika	Tes tulis	Pilihan ganda	Sejumlah gas ideal mengalami proses seperti gambar berikut.  Proses yang menggambarkan adiabatis dan isokhorik berturut-turut ditunjukkan pada nomor..... a. 1 – 2 dan 3 – 4 b. 1 – 2 dan 4 – 5 c. 2 – 3 dan 3 – 4 d. 2 – 3 dan 4 – 5

6.	Menghitung usaha	Tes tulis	Pilihan ganda	Suatu gas yang menempati wadah berpiston dengan volume 10 cm^3 dipanaskan pada tekanan tetap sebesar 10^5 Pa sehingga volumenya menjadi dua kali semula. Usaha yang dilakukan gas itu sebesar ….. a. 0,5 J d. 4,5 J b. 1,0 J c. 2,5 J
7.	Menghitung energi dalam	Tes tulis	Pilihan ganda	Tabung tertutup berisi 10 mol gas helium dengan volume 2 liter memiliki tekanan $1,2\times10^6$ Pa. jika gas menyerap kalor sehingga tekanan menjadi 2×10^6 Pa maka perubahan energi dalamnya adalah….. a. 1200 J d.4800 J b. 2400 J c. 3200 J
8.	Menghitung kapasitas kalor	Tes tulis	Pilihan ganda	Gas hidrogen dipanaskan dari suhu 300 K dalam bejana yang bebas hingga memuai. Kalor yang dibutuhkan dalam proses itu 24 kJ. Jika gas pada tekanan tetap, tentukan kapasitas kalor hidrogen! a. 2000 J/K d.4000 J/K b. 80 J/K c. 12 J/K
9.	Menjelaskan siklus Carnot	Tes tulis	Essay	Dibawah ini adalah grafik silkus Carnot. Dalam siklus Carnot terdapat empat proses yaitu..  a. Ekspansi isotermal, ekspansi adiabatik, kompresi isotermal, dan kompresi adiabatik

				b. Kompresi isotermal, kompresi adiabatik, ekspansi isotermal, dan ekspansi adiabatik c. Ekspansi isobarik, ekspansi adiabatik, kompresi isobarik, dan kompresi adiabatik d. Kompresi isobarik, ekspansi adiabatik, kompresi isobarik, dan kompresi adiabatik
10.	Menjelaskan entropi	Tes tulis	Pilihan ganda	Besaran termodinamika yang menyerupai perubahan setiap keadaan, dari keadaan awal hingga keadaan akhir sistem disebut ….. a. Entropi d.Isotermal b. Isobarik c. Isokhorik
11.	Menghitung efesiensi mesin pendingin Carnot dan mesin pemanas Carnot	Tes tulis	Pilihan ganda	Perbandingan kalor yan dibuang dan kalor yang diserap dalam mesin Carnot yaitu 11:20. Efesiensi mesin sebesar….. a. 11% d. 55% b. 20% c. 45%
12.	Menghitung efesiensi mesin pemanas Carnot	Tes tulis	Pilihan ganda	Koefisien kerja mesin penghangat ruangan sebesar 5. Efesiensi mesin penghangat ruangan tersebut adalah….. a. 16% d. 50% b. 20% c. 25%
13.	Menghitung efesiensi mesin pemanas Carnot	Tes tulis	Pilihan ganda	Efisiensi sebuah refrigerator besarnya 20%. Mesin ini memiliki siklus reversibel. Koefesien performansi mesin ini sebesar ….. a. 0,8 d. 5 b. 1,2 c. 4

Pedoman penilaian

Pilihan Ganda

Kunci Jawaban

1. d 2. d 3. d 4. a 5. c 6. b 7. b 8. a 9. a



10. a 11. c 12. b 13. c

Keterangan Bobot Skor:

1. Jika dijawab benar skor 7,7
2. Jika dijawab salah/ tidak dijawab skor 0
3. Jumlah skor total adalah 100



LEMBAR PENGAMATAN PENILAIAN SIKAP

Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI/ 2
Waktu Pengamatan : Pada saat proses pembelajaran

Lampiran 1

Format Penilaian Afektif

No	Nama Peserta didik	Disiplin			Teliti			Tanggung Jawab			Kerja sama			Menghargai pendapat orang lain			Jujur		
1		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2																			
3																			
4																			

Pedoman Penskoran:

Disiplin

Nilai 3: Datang tepat waktu, patuh pada tata tertib di sekolah, mengumpulkan tugas tepat waktu, dan tertib dalam mengikuti pembelajaran.

Nilai 2: Datang tepat waktu, patuh pada tata tertib di sekolah, mengumpulkan tugas tepat waktu, tetapi tidak tertib dalam mengikuti pembelajaran.

Nilai 1: Datang tepat waktu, patuh pada tata tertib di sekolah tetapi tidak mengumpulkan tugas tepat waktu serta tidak tertib dalam mengikuti pembelajaran.

Teliti

Nilai 3: Mengajarkan tugas dengan teliti, berhati–hati menyelsaikan tugas dan menggunakan peralatan, mampu menyelsaikan pekerjaan sesuai dengan standar mutu dan mampu menyelsaikan pekerjaan dengan standar waktu.

Nilai 2: Apabila tiga poin di atas terpenuhi

Nilai 1: Apabila hanya dua poin di atas yang terpenuhi



Tanggung Jawab

Nilai 3: Mengerjakan tugas individu dengan baik, mengerjakan tugas kelompok sesuai pembagiannya, menerima resiko atas perbuatan yang telah dilakukan.

Nilai 2: Mengerjakan tugas individu dengan baik, mengerjakan tugas kelompok sesuai pembagiannya tetapi tidak mau menerima resiko atas perbuatan yang telah dilakukan.

Nilai 1: Mengerjakan tugas individu dengan baik tetapi tidak mengerjakan tugas kelompok sesuai pembagiannya dan tidak mau menerima resiko atas perbuatan yang telah dilakukan.

Kerja Sama

Nilai 3: Berdiskusi dengan anggota kelompok, tidak apatis dalam kelompok, dan peduli terhadap anggota kelompok.

Nilai 2: Mampu mengerjakan dua dari ketiga kriteria diatas.

Nilai 1: Mampu mengerjakan salah satunya.

Menghargai Pendapat Teman

Nilai 3: Mendengarkan pendapat orang lain yang sedang bicara, tidak memotong pembicaraan orang lain dan menerima pendapat orang lain dengan lapang dada.

Nilai 2: Apabila dua poin di atas terpenuhi

Nilai 1: Apabila hanya satu poin di atas yang terpenuhi

Jujur

Nilai 3: Tidak menyontek pada saat ulangan, tidak menjadi plagiat atas karya orang lain, menyampaikan hasil praktik atau diskusi apaadanya, dan menyampaikan alasan sebenarnya jika tidak mengerjakan tugas.

Nilai 2: Tidak menyontek pada saat ulangan, tidak menjadi plagiat atas karya orang lain, menyampaikan hasil praktik atau diskusi apaadanya tetapi tidak menyampaikan alasan sebenarnya saat tidak mengerjakan tugas.

Nilai 1: Tidak menyontek pada saat ulangan, tidak menjadi plagiat atas karya orang lain tetapi tidak menyampaikan hasil praktik atau diskusi apaadanya serta tidak menyampaikan alasan sebenarnya saat tidak mengerjakan tugas.



Pedoman Penilaian

$$Nilai = \sum \frac{skor\ perolehan}{skor\ maksimal} \times 100$$



LEMBAR PENGAMATAN PENILAIAN KETERAMPILAN

Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI/ 2
Waktu Pengamatan : Pada saat praktikum

Lampiran 2

Format Penilaian Psikomotorik

No	Nama Peserta Didik	Memilih			Merancang Projek			Mengolah Data			Membuat Laporan			Mem Presentasi kan		
		1	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1																
2																
3																
Dst																

Pedoman Penskoran:

Memilih

Nilai 3: Selalu benar dan tepat dalam memilih alat dan bahan pada lembar kerja peserta didik.

Nilai 2: Hanya benar setengah dalam memilih alat dan bahan pada lembar kerja peserta didik.

Nilai 1: Hanya benar 1 dalam memilih alat dan bahan pada lembar kerja peserta didik.

Merancang

Nilai 3: Mengetahui fungsi masing-masing alat, mempersiapkan alat dan merancang sesuai petunjuk dengan cepat.

Nilai 2: Mengetahui fungsi masing-masing alat, mempersiapkan alat tetapi tidak dapat merancang sesuai petunjuk dengan benar.

Nilai 1: Mengetahui fungsi masing-masing alat tetapi tidak dapat mempersiapkan alat tetapi dan merancang sesuai petunjuk dengan benar.



Mengolah Data

Nilai 3: Mampu mengolah data dan menyajikan data dengan baik dan benar

Nilai 2: Mampu mengolah data tetapi salah dalam menyajikan data dengan baik dan benar

Nilai 1: Tidak mampu mengolah data dan menyajikan data dengan baik dan benar

Membuat Laporan

Nilai 3: Mampu menyajikan data dan mempresentasikan dengan baik

Nilai 2: Mampu mengerjakan salah satunya

Nilai 1: Tidak mampu mengerjakan keduanya

Mempresentasikan

Nilai 3: Kesesuaian penyajian dengan topik (relevansi), penggunaan waktu penyajian secara efektif, menguasai bahan yang disajikan, artikulasi pemateri jelas dan lancar serta penampilan menarik

Nilai 2: Mampu mengerjakan tiga poin yang ada di atas

Nilai 1: Hanya mampu mengerjakan satu poin yang ada di atas

Pedoman Penilaian

$$Nilai = \sum \frac{skor\ perolehan}{skor\ maksimal} \times 100$$

PROFIL PENULIS



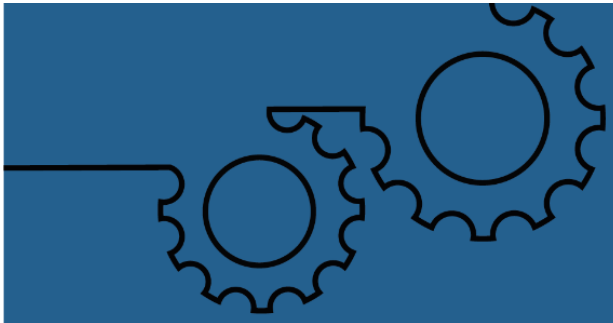
Widya An Nisa Mukramah, dilahirkan di Sabang, pada 5 Mei 1999. Anak kedua dari pasangan Alm. Sudarso dan Rusnaili. Setelah melewati jenjang pendidikan di SDN 5 Kota Sabang, SMPN 1 Sabang, dan SMAN 1 Sabang, sekarang penulis sedang menempuh perkuliahan di UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Jurusan Pendidikan Fisika angkatan 2016 dan mendapatkan beasiswa unggulan *fully funded* dari KEMENDIKBUD. Mahasiswa yang akrab disapa Widya ini juga aktif menjadi asisten laboratorium pendidikan fisika sejak 2017. Penulis juga tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Fisika se-Aceh dan menjadi guru *freelance* Fisika di Banda Aceh. Kegemaran penulis pada ilmu Fisika telah menghantarkannya mendapatkan peringkat ke-3 olimpiade Fisika tingkat Kabupaten/ Kota pada tahun 2015 dan menjadi salah satu dari 25 nominee yang masuk grand final Olimpiade Sains dan Karya Inovasi Perguruan Tinggi Keagamaan Islam se-Indonesia untuk bidang karya inovasi pada tahun 2019 di Makassar. Saat ini penulis sedang menyelesaikan tugas akhirnya.



Misbahul Jannah, M.Pd., Ph.D dilahirkan di Pidie Jaya, Aceh pada 04 Maret 1982. Penulis adalah Dosen Tetap di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry (2005-sekarang). Selama menyelesaikan program Doktor di UKM Malaysia, penulis pernah bekerja sebagai *Graduate Research Assistant* (GRA) (2011-2013) dan juga pernah menjadi fasilitator STEM (*Science Technology Engineering and Mathematics*) bidang energi dan robotic untuk mengajar guru-guru, mahasiswa dan siswa di Sekolah Kebangsaan di Malaysia dan Kamboja (2013 2016). Sejak 2009 sampai saat ini, penulis rutin melakukan riset, menulis artikel dan buku yang diterbitkan baik nasional maupun internasional. Tulisan tulisannya sebagian besar membahas tentang pembelajaran Sains, pendidikan lingkungan, pengembangan modul dan STEM. Penulis juga merupakan salah seorang reviewer dibeberapa jurnal dan reviewer Nasional Litapdimas.



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc. adalah seorang pengajar atau dosen pada program studi Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan serta program studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Lahir dari keluarga sederhana di desa Blang Awe kecamatan Meureudu pada tahun 1980. Pada tahun 2003, penggemar fisika komputasi ini menyelesaikan pendidikan sarjana Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Kemudian pada tahun yang sama, tepatnya setelah selesai S1, ia menjadi salah satu asisten riset di universitas Hamburg, Jerman dalam sebuah kolaborasi riset Unsyiah dan IFM Hamburg. Tiga tahun setelah tsunami Aceh, tepatnya tahun 2007, ia menyelesaikan Kursus Pendidikan Lepas Ijazah dalam bidang pendidikan fisika (KPLI) pada Institut Pendidikan Tumenggong Ibrahim (IPTI) Johor Bahru Malaysia. Fase pendidikan selanjutnya dilanjutkan pada tahun 2010 di Institut fuer Meereskunde, Jerman, dalam bidang Fisika Oseanografi. Tahun 2013 ia berhasil menyandang gelar M.Sc. dengan judul thesis *The upwelling along the south coast of Sumatra and Java*.



TERMODINAMIKA

E-MODUL BERBASIS FLIPBOOK MAKER

FLIPBOOK MAKER