

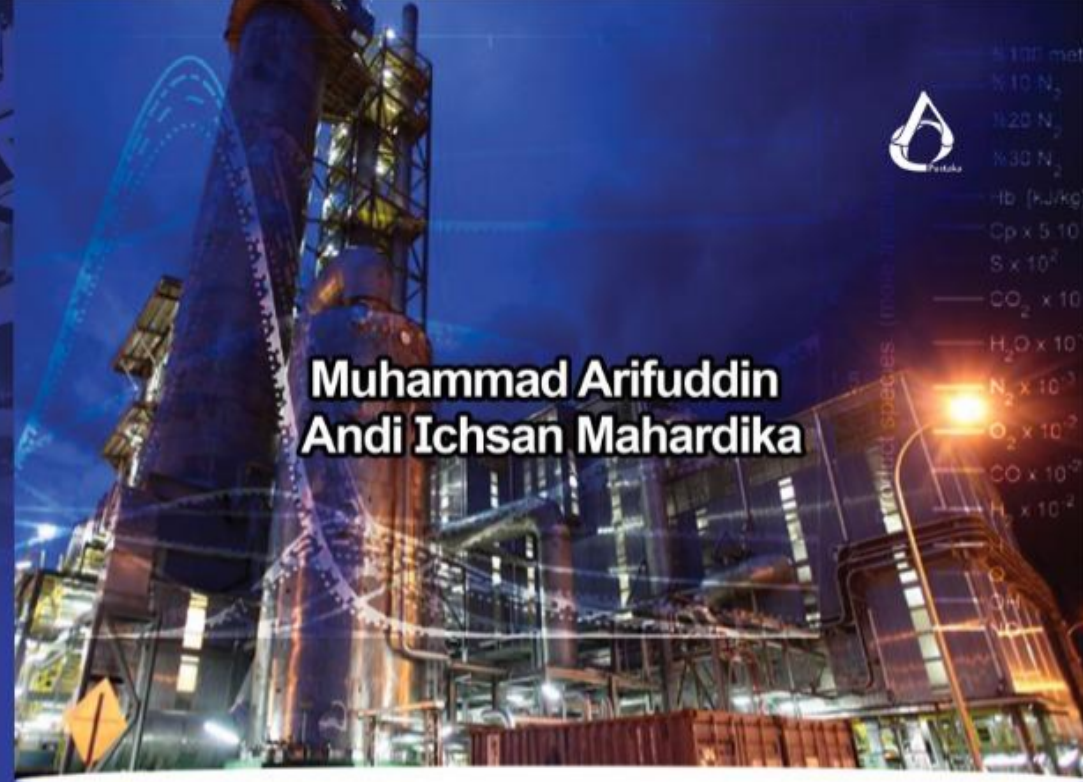
# BUKU AJAR TERMODINAMIKA

Muhammad Arifuddin  
Andi Ichsan Mahardika

TERMODINAMIKA

Termodinamika mengkaji hubungan antara energi dan usaha dari suatu sistem, serta sifat-sifat yang mendukungnya. Kajian termodinamika dapat dipelajari dengan tiga pendekatan, yaitu: mikroskopik, statistik, dan makroskopik. Pendekatan mikroskopik meninjau kelakuan dan keadaan tiap partikel atau molekul. Pendekatan secara statistik didasarkan pada statistika dan teori peluang. Pendekatan secara makroskopik yang ditinjau adalah efek rata-ratanya dari semua molekul, efek ini dapat dirasakan oleh indera kita dan dapat diukur oleh alat ukur.

Buku ini mencakup pembahasan Sistem Termodinamika, Teori Kinetik Gas, Persamaan Keadaan, Turunan Parsial dalam Termodinamika, Hukum Pertama Termodinamika, Penerapan Hukum Pertama Termodinamika, Hukum Kedua Termodinamika, serta Perpaduan Hukum I dan II Termodinamika.



Muhammad Arifuddin  
Andi Ichsan Mahardika

# BUKU AJAR TERMODINAMIKA



PENERBIT  
NAS MEDIA PUSTAKA  
Anggota IKAPI

Jl. Bala Raya No. 550 Makassar, Sulawesi Selatan 90253  
Phone : +62811-43222-71 / +62853-6363-9252  
E-mail : [nedaksi@nasmediapustaka.com](mailto:nedaksi@nasmediapustaka.com)  
Website : [www.nasmediapustaka.co.id/](http://www.nasmediapustaka.co.id/) [www.nasmediabooks.com](http://www.nasmediabooks.com)

Facebook: [nasmediapustakapenerbit](https://www.facebook.com/nasmediapustakapenerbit) Instagram: [@nasmediapustakapenerbit](https://www.instagram.com/nasmediapustakapenerbit)

EDUKASI

ISBN 978-602-66248-5



9 786025 662485

BUKU AJAR



Universitas Lambung Mangkurat

## PRAKATA

Alahamdulillahirabbil'alamin, segala puji hanya milik Allah Azza wa jalla, Rabb semesta alam. Penyusun panjatkan kehadiran-Nya yang telah memberikan limpahan rahmat, karunia dan kekuatan sehingga buku "*Termodinamika*" ini dapat selesai. Salam dan salawat senantiasa dihaturkan kepada Rasulullah Muhammad Sallallahu 'Alahi Wassallam, juga kepada keluarga beliau, para sahabatnya, dan orang-orang mukmin yang senantiasa istiqomah meniti hidup dengan Islam.

Kebutuhan akan buku-buku sains berbahasa Indonesia bagi kalangan mahasiswa dirasakan masih kurang. Menyikapi kondisi tersebut, buku ini disusun untuk menjadi referensi tambahan untuk kajian termodinamika. Buku ini mencakup pembahasan Sistem Termodinamika, Teori Kinetik Gas, Persamaan Keadaan, Turunan Parsial dalam Termodinamika, Hukum Pertama Termodinamika, Penerapan Hukum Pertama Termodinamika, Hukum Kedua Termodinamika, serta Perpaduan Hukum I dan II Termodinamika. Pada setiap akhir pembahasan suatu bab diberikan contoh soal, soal latihan dan tugas. Dalam contoh soal, soal latihan dan tugas, proses penyelesaian menggunakan tahapan penyelesaian masalah, diharapkan dengan menggunakan tahapan tersebut dapat lebih melatih siswa sehingga dapat meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah dan pemahaman konsep mahasiswa.

Penyusun menyadari sedalam-dalamnya bahwa buku ini, terwujud berkat berbagai pihak yang memberikan dukungan dan bantuan bagi penulis. Oleh karena itu, dihaturkan terima kasih yang tak berhingga sehingga buku ini diterbitkan. Penyusun menyadari bahwa buku referensi ini masih sangat jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi perbaikan buku ini di masa mendatang. Mudah-mudahan buku yang sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi pemerhati pendidikan fisika.

Banjarmasin, Agustus 2018

Tim Penyusun



# DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b>	iii
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>BAB I SISTEM TERMODINAMIKA</b>	1
A. Pendahuluan	1
B. Sistem Termodinamika	2
C. Keseimbangan Termodinamika	2
D. Proses	3
E. Variabel Intensif dan Ekstensif	4
F. Tekanan	5
G. Hukum ke Nol Termodinamika	6
H. Contoh Soal	14
I. Soal Latihan	20
J. Tugas	23
<b>BAB II TEORI KINETIK GAS</b>	29
A. Teori Kinetik Gas	29
B. Gas Ideal (Gas Sempurna)	30
C. Hukum Ekuipartisi	37
D. Kapasitas Kalor Jenis	38
E. Kelajuan Molekul	39
F. Jalan Bebas Rata-rata Molekul	42
G. Gas Nyata	45
H. Contoh Soal	46
I. Soal Latihan	52
J. Tugas	59
<b>BAB III PERSAMAAN KEADAAN</b>	65
A. Persamaan Keadaan	65
B. Persamaan Keadaan Gas Sempurna	66
C. Persamaan Keadaan Gas Nyata	66
D. Bidang $p$ - $v$ - $T$ Gas Sempurna	68
E. Bidang $p$ - $v$ - $T$ Gas Nyata	69
F. Persamaan Keadaan Sistem Lain	75
G. Tetapan Gas Van der Waals	76
H. Diagram $p$ $v$ - $p$ Gas Van der Waals, Suhu Boyle	78
I. Hukum Keadaan Bersesuaian ( <i>The Law of Corresponding States</i> )	81
J. Diagram $\pi\phi$ - $\pi$ Van der Waals, Suhu Boyle Tereduksi	82

K. Contoh Soal	84
L. Soal Latihan	90
M. Tugas	97
<b>BAB IV TURUNAN PARSIAL DALAM TERMODINAMIKA</b>	<b>103</b>
A. Turunan Parsial	104
B. Turunan Parsial dalam Termodinamika	110
C. Contoh Soal	125
D. Soal Latihan	131
E. Tugas	138
<b>BAB V HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA</b>	<b>143</b>
A. Usaha Termodinamik	143
B. Usaha pada Perubahan Volume	145
C. Bentuk Lain Usaha	147
D. Usaha Konfigurasi dan Disipatif	149
E. Energi Dalam dan Energi Total	150
F. Aliran Kalor	152
G. Hukum Pertama Termodinamika	152
H. Kapasitas Kalor dan Kapasitas Kalor Jenis	154
I. Kalor Transformasi dan Entalpi	156
J. Kalor Jenis Volume Tetap dan Kalor Jenis Tekanan Tetap	159
K. Energi Dalam, Entalpi dan Kalor Jenis Gas Sempurna	160
L. Kekekalan Massa	162
M. Persamaan Energi untuk Aliran Tunak	163
N. Contoh Soal	167
O. Soal Latihan	172
P. Tugas	179
<b>BAB VI PENERAPAN HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA</b>	<b>185</b>
A. Persamaan Fungsi Energi $T-v$ , $T-p$ dan $p-v$	185
B. Energi Dalam Gas	191
C. Selisih Kalor Jenis	193
D. Proses Adiabatik	194
E. Mesin Kalor dan Mesin Pendingin (Refrigerator)	196
F. Mesin Stirling dan Mesin Carnot	200
G. Skala Suhu Mutlak	206
H. Contoh Soal	208
I. Soal Latihan	214
J. Tugas	221
<b>BAB VII HUKUM KEDUA TERMODINAMIKA</b>	<b>227</b>
A. Hukum Kedua Termodinamika	227

B. Proses Reversibel dan Ireversibel	229
C. Entropi	230
D. Pernyataan Clausius dan Kelvin-Planck Tentang Hukum Kedua Termodinamika	237
E. Bukti Kesetaraan Pernyataan Kelvin-Planck dan Pernyataan Clausius	240
F. Contoh Soal	242
G. Soal Latihan	248
H. Tugas	257
<b>BAB VIII PERPADUAN HUKUM I DAN II TERMODINAMIKA</b>	<b>263</b>
A. Hukum I Termodinamika	263
B. Hukum II Termodinamika	264
C. Perpaduan Hukum I Dan II Termodinamika	264
D. Contoh Soal	286
E. Soal Latihan	292
F. Tugas	299
<b>DAFTAR PUTAKA</b>	<b>305</b>



### A. Pendahuluan

Termodinamika merupakan bagian dari cabang Fisika yakni Termofisika (*Thermal Physics*). Termodinamika adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara energi dan usaha dari suatu sistem, serta sifat-sifat yang mendukung tersebut. Dapat pula dikatakan bahwa termodinamika mempelajari energi dan transformasinya. Termodinamika juga dapat diartikan sebagai ilmu yang menjelaskan kaitan antara besaran fisis tertentu yang menggambarkan sikap zat di bawah pengaruh kalor. Besaran fisis ini disebut koordinat makroskopis sistem. Kaitan atau rumus yang menjelaskan hubungan antar besaran fisis diperoleh dari eksperimen dan kemudian dapat digunakan untuk meramalkan perilaku zat di bawah pengaruh kalor.

Suatu sistem dapat dipelajari dengan tiga pendekatan, yaitu: mikroskopik, statistik, dan makroskopik. Pada pendekatan secara mikroskopik, untuk menentukan kedudukan satu molekul gas misalnya, diperlukan 3 koordinat; demikian pula untuk kecepatannya. Jadi untuk  $N$  molekul diperlukan  $6N$  persamaan agar dapat melukiskan kelakuan molekul-molekul gas tersebut, hal ini jelas amat sukar.

Pendekatan secara statistik didasarkan pada statistika dan teori peluang (*probability theory*). Dalam hal ini yang dicari adalah nilai rata-rata untuk semua partikel yang dipelajari, misalnya kecepatan rata-ratanya. Pendekatan ini digunakan pada Teori Kinetik dan Mekanika Statistik atau Termodinamika Statistik.

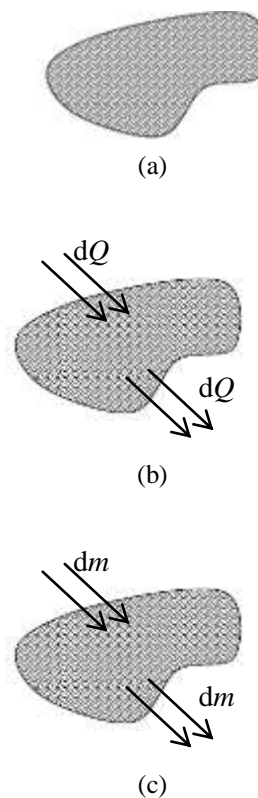
Pada pendekatan secara makroskopik yang ditinjau adalah efek rata-ratanya dari semua molekul. Efek ini dapat dirasakan oleh indera kita dan dapat diukur oleh alat ukur. Sebagai contoh ialah tekanan, suhu, dan lain-lain. Pendekatan ini digunakan dalam termodinamika klasik. Termodinamika klasik, termodinamika statistik, dan teori kinetik adalah saling melengkapi, yang satu melengkapi yang lain.



## B. Sistem Termodinamik

Sistem adalah sejumlah zat yang dibatasi oleh dinding tertutup. Zat yang dimaksud di sini dapat berupa objek atau partikel tunggal, kelompok objek atau partikel, zat padat, cair, atau gas, dapat pula dipol magnet, energi radiasi, foton, dan lain-lain. Dinding yang membatasi sistem itu boleh nyata, boleh khayal, bersama dengan sistem yang dibatasinya, tidak perlu mempunyai bentuk dan volume yang tetap.

Lingkungan dari suatu sistem adalah semua sistem lain yang dapat saling bertukar energi dengan sistem tersebut. Suatu sistem bersama dengan lingkungannya disebut semesta (*universal*). Suatu sistem disebut terisolasi bila tak terjadi pertukaran energi (kalor dan usaha) dengan lingkungannya. Suatu sistem disebut tertutup bila tak ada zat yang menembus dinding batasnya keluar atau masuk ke dalam sistem tersebut namun memungkinkan pertukaran energi. Suatu sistem dikatakan terbuka jika terjadi pertukaran energi (panas dan kerja) dan zat dengan lingkungannya.



**Gambar 1.1.** (a) Sistem terisolasi, (b) Sistem tertutup, (c) sistem terbuka

## C. Keseimbangan Termodinamik

Pada umumnya suatu sistem berada dalam keadaan sembarang (*arbitrary state*). Ini berarti bahwa dalam sistem tersebut, terdapat perbedaan suhu antara bagian-bagiannya, variasi tekanan, dan reaksi kimia. Apabila sistem itu ditunggu beberapa saat dapatlah terjadi keseimbangan-kesimbangan berikut.

Sistem dalam keseimbangan termal jika perbedaan suhu hilang. Sistem dalam keseimbangan mekanik jika variasi tekanan hilang. Sistem dalam keadaan

keseimbangan kimia jika tak terjadi lagi reaksi kimia. Jika ketiga macam keseimbangan itu telah dicapai, maka dikatakan bahwa sistem dalam keseimbangan termodinamik.

Selain keseimbangan termodinamik seperti yang telah diuraikan di atas, masih ada jenis keseimbangan yang lain, seperti yang akan diuraikan di bawah ini.

### 1. Keseimbangan stabil (mantap)

Pada sistem mekanis misalnya bola yang terletak pada permukaan cekung. Dalam sistem fluida, misalnya gas di dalam sebuah silinder pada suhu konstan. Keduanya akan kembali ke keadaan semula bila diberi simpangan (perubahan) dan kemudian dibebaskan.

### 2. Keseimbangan netral

Sebuah bola yang diletakkan pada bidang horizontal, bila diberi simpangan ke kedudukan sembarang pada bidang tersebut, akan tetap menempati kedudukan baru ini walaupun dibebaskan. Suatu sistem yang terdiri atas cairan dan uapnya pada suhu konstan, juga memperlihatkan keseimbangan netral. Hal ini disebabkan karena tekanan uap hanya tergantung pada suhu, sehingga selama kedua fase masih ada, perubahan volume hanya akan menimbulkan pengembangan (kondensasi) atau penguapan, tanpa menimbulkan perubahan tekanan dan sistem tetap seimbang dengan lingkungannya.

### 3. Keseimbangan metastabil

Sebuah bola yang terletak pada cekungan kecil dari sebuah permukaan cembung hanya stabil untuk simpangan kecil. Suatu campuran gas hidrogen dengan oksigen di dalam bejana yang terisolasi secara termal, juga hanya stabil untuk penyimpangan kecil. Pemampatan yang kuat dapat menimbulkan kenaikan suhu yang cukup untuk menyebabkan campuran itu meledak.

## D. Proses

Proses ialah perubahan sistem dari satu keadaan ke keadaan yang lain. Proses kuasistatik adalah proses yang merupakan rentetan keadaan seimbang tak terhingga banyak. Setiap saat keadaan seimbang itu hanya menyeimbangkan sedikit dari keadaan seimbang sebelumnya. Jika kondisi proses kuasistatik tak dipenuhi maka proses disebut

nonkuasistatik. Sebagai contoh, sebuah bejana yang dilengkapi dengan piston berisi sejumlah zat. Di atas piston diletakkan 2 buah anak timbangan masing-masing dengan massa 1 kg. Jika satu anak timbangan diambil, maka tekanan dan volume gas akan berubah. Jadi sistem ini menjalani suatu proses dan proses ini adalah nonkuasistatik, sebab bukan merupakan rentetan keadaan seimbang tak terhingga banyak, melainkan hanya dua keadaan seimbang (awal dan akhir). Tetapi jika salah satu anak timbangan itu diganti dengan sejuta butir kecil-kecil anak timbangan dengan massa total 1 kg, dan satu per satu butir-butir itu diambil, maka proses ini adalah kuasistatik. Proses kuasistatik adalah *reversibel* (terbalikkan), sebab diketahui jalan yang dilalui, sedangkan proses nonkuasistatik adalah *ireversibel* (tak terbalikkan), sebab tak diketahui jalan yang dilalui. Adapun yang dimaksud dengan proses reversibel adalah proses yang dapat dibalik arahnya melalui jalan yang sama demikian rupa sehingga sistem dan lingkungan kembali seperti semula. Jika tak dipenuhi persyaratan tersebut, maka sistem disebut ireversibel.

## E. Variabel Intensif dan Ekstensif

Variabel intensif ialah variabel yang nilainya tak tergantung pada massa sistem, misalnya: tekanan, suhu, kerapatan. Variabel ekstensif adalah variabel yang nilainya tergantung pada massa sistem, misalnya: volume, energi dalam (*internal energy*), entropi. Variabel ekstensif bila dibagi dengan massa atau jumlah mol sistem menjadi variabel intensif dan disebut nilai jenis (*specific value*). Selanjutnya akan digunakan lambang huruf besar untuk variabel ekstensif dan huruf kecil untuk variabel intensif. Perkecualian untuk perjanjian ini ialah variabel suhu walaupun intensif akan digunakan lambang huruf  $T$  (besar). Sebagai misal: jika  $V$  adalah volume zat,  $m$  massa zat dan  $n$  jumlah mol zat dalam sistem, maka:

$$v = \frac{V}{m} \quad \text{volume jenis}$$

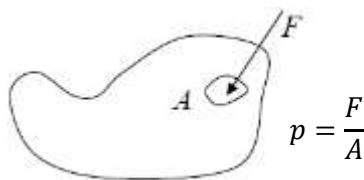
$$v = \frac{V}{n} \quad \text{volume jenis molar}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v} \quad \text{kerapatan atau massa jenis}$$

Kerapatan adalah kebalikan volume jenis, yang sering juga disebut massa jenis, analog dengan berat (bobot) jenis. Konsep variabel ekstensif dan intensif lain yang sering dijumpai dalam termodinamika adalah  $C$  kapasitas kalor, jika dibagi dengan massa  $m$  atau jumlah mol  $n$  maka akan menjadi  $c$  kapasitas kalor jenis kilogram dan kapasitas kalor jenis molar.

## F. Tekanan

Tekanan merupakan gaya persatuan luas. Dalam medium fluida, tekanan disebut tekanan hidrostatis, jika tekanan itu pada suatu unsur luas baik dalam medium ataupun pada permukaannya adalah tegak-lurus pada unsur itu dan tak tergantung pada orientasinya. Sebagai contoh misalnya tekanan di dalam fluida yang tenang (*fluid at rest*). Satuan tekanan dalam sistem SI adalah  $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$  (Pascal). Satuan-satuan lain yang sering digunakan adalah: bar, atm (atmosfer) dan Torr (torricelli).



**Gambar 1.2.** Gaya yang dialami pada suatu luasan

dengan definisi:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^6 \text{ dyn/cm}^2$$

$$1 \mu\text{bar} = 10^{-1} \text{ Pa} = 1 \text{ dyn/cm}^2$$

Tekanan hidrostatis disuatu tempat oleh fluida setinggi  $h$  apabila kerapatannya  $\rho$  dapat dirumuskan sebagai

$$p = \rho gh \quad (1.1)$$

Tekanan sebesar 1 atm didefinisikan sebagai tekanan oleh kolom raksa setinggi 76 cm dengan kerapatan  $13,5951 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  di suatu tempat dengan  $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$  ( $g$  standar).

$$1 \text{ atm} = 1,013 25 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar}$$

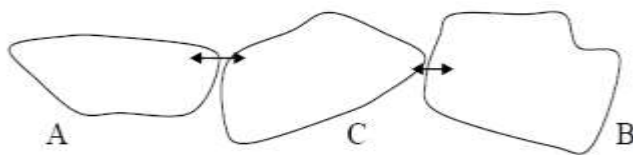
Tekanan sebesar 1 Torr adalah tekanan raksa setinggi 1 mm pada  $g$  standar.

$$1 \text{ Torr} = 1/760 \text{ atm} = 133,3 \text{ Pa}$$

## G. Hukum ke Nol Termodinamika

Apabila dua benda disentuhkan, setelah sekian lama tidak ada lagi perubahan suhu pada masing-masing benda terjadi keseimbangan termal. Jadi, bila dua benda mengalami keseimbangan termal ketika kontak, maka dua benda tersebut memiliki temperatur yang sama, dan berlaku sebaliknya bila dua buah benda memiliki suhu sama, maka ketika kontak akan terjadi keseimbangan termal.

Hukum ini menyatakan bahwa: *Apabila dua benda mempunyai kesamaan suhu dengan benda ketiga, maka kedua benda itu satu dengan yang lain juga mempunyai kesamaan suhu.*



**Gambar 1.3.** Keseimbangan Termal untuk Benda A, B, dan C

Dengan kata lain: apabila benda A dan B secara terpisah dalam keadaan seimbang termal dengan benda C, maka A dan B satu dengan yang lain juga dalam keadaan seimbang termal. Andaikan bahwa benda C adalah sebuah termometer raksa, sedangkan benda A dan B adalah dua silinder berisi air. Hukum ini mengatakan bahwa apabila tidak terjadi suatu perubahan saat dilakukan kontak termal antara termometer itu baik dengan A maupun B, maka tidak pula akan terjadi perubahan saat diadakan kontak termal antara A dan B.

Apabila orang memilih untuk mendefinisikan suhu sebagai apa yang terbaca pada termometer raksa itu, maka hukum ke nol ini hanyalah mengatakan apabila dua benda mempunyai suhu yang sama, maka keduanya akan berada pada keseimbangan termal, saat dilakukan kontak termal. Hukum ini merupakan dasar untuk pengukuran suhu.

### 1. Skala Suhu

Skala yang digunakan untuk mengukur suhu dalam satuan SI adalah skala Celsius, dengan lambang  $^{\circ}\text{C}$ . Hingga tahun 1954 skala ini didasarkan pada dua titik tetap, yaitu titik es (*ice point*) dan titik uap (*steam point*). Suhu pada titik es didefinisikan sebagai



Andaikan untuk gas ideal  $c_p = a + bT$ , ( $a$  dan  $b$  tetapan). Carilah (a)  $c_v$  dan (b) entropi.

Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Buktikan bahwa  $\left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_s = c_p \left(\frac{\partial \ln T}{\partial \ln v}\right)_p$

Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Jabarkan  $h(T,v)$  untuk gas sempurna

Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali





Andaikan untuk gas sempurna  $c_p = a + bT$ , ( $a$  dan  $b$  tetapan). Tentukan entalpi gas ini.

### Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Jabarkan  $h(p,v)$  untuk gas sempurna

Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali

## F. Tugas



Tugas

1

Buktikanlah bahwa:

$$(a). T \left( \frac{\partial s}{\partial T} \right)_h = \frac{c_p}{1 - \beta T}$$

$$(b). \left( \frac{\partial s}{\partial p} \right)_h - \left( \frac{\partial s}{\partial T} \right)_s = - \frac{v}{c_p}$$

Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Buktikanlah bahwa selisih antara keterampilan isothermal dengan keterampilan adiabatik adalah

$$\kappa - \kappa_s = \frac{T\beta^2 v}{c_p}$$

### Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Buktikanlah bahwa untuk sistem  $p$ - $v$ - $T$ :

$$(a). u = -T^2 \left( \frac{\partial}{\partial T} \left( \frac{f}{T} \right) \right)_v$$

$$(b). \left( \frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T^2 \left( \frac{\partial}{\partial T} \left( \frac{p}{T} \right) \right)_v$$

$$(c). \left( \frac{\partial u}{\partial s} \right)_T = -p^2 \left( \frac{\partial}{\partial p} \left( \frac{T}{p} \right) \right)_v$$

Diketahui bahwa fungsi helmholtz  $f = u - Ts$

#### Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Arus listrik sebesar 25 A mengalir selama satu detik dalam suatu hambatan sebesar 40 ohm, sementara itu suhu dijaga supaya tetap sebesar  $27^{\circ}\text{C}$ . (a) Berapakah perubahan entropi pada hambatan? (b) Berapakah perubahan entropi semestanya?

### Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



Tekanan pada sebuah balok tembaga pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  dinaikkan secara isothermal dan reversibel dari 1 atm sampai 1000 atm. Diandaikan bahwa  $\beta$ ,  $\kappa$ , dan  $\rho$  adalah tetapan dan berturut-turut besarnya sama dengan  $5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,  $8 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$  dan  $8,9 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . Hitunglah (a) Usaha yang dilakukan pada tembaga tiap kg dan (b) kalor yang terlibat dalam proses. (c) bagaimana menerangkannya bahwa menurut kenyataan kalor yang terlibat adalah lebih besar dari pada usaha yang dilakukan? (d) berapakah kenaikan suhu tembaga, apabila pemampatan itu secara adiabatik bukan isothermal? Jelaskan tentang pendekatan yang telah dilakukan.

### Penyelesaian



*Diketahui:*

*Ditanya:*

*Jawab*

*Rumus yang digunakan:*

Jadi



Periksa  
Kembali



## DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, Marcelo., dkk. 1992. *Dasar-Dasar Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga
- Boas, Mary L. 1976. *Mathematical Methods In The Physical Sciences*. New York: John Willey and Sons.
- Bueche, Frederick J. dan Hecht, Eugene. 2006. *Fisika Universitas Edisi 10*. Jakarta: Erlangga
- Hadi, Dimsiki. 1993. *Termodinamika*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Halliday dan Resnick. 1991. *Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga
- Jati, Bambang Murdaka Eka. 2011. *Matematika untuk Ilmu Fisika & Teknik*. Yogyakarta: Andi.
- Mahardika, Andi Ichsan. 2015. *Termodinamika*. Surabaya: Revka Petra Media.
- Sutrisno dan Tan Ik Gie. 1983. *Seri Fisika Dasar (Listrik, Magnet dan Termofisika Listrik)*. Bandung: ITB.
- Sears, Francis W. 1986. *Thermodynamics, Kinetic Theory, and Statistical Thermodynamics*. Sydney: Addison-Wesley Publishing Company.
- Serway, R. A. dan Jewett, J.W. 2004. *Physics for Scientists and Engineers 6 th Edition*. USA: Thomson Brooks/Cole
- Tipler, P.A.1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I*. Jakarta: Erlangga
- Zemansky, Mark W. & Dittman, Richard H. 1986. *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: ITB.
- Zemansky, Sears. 2000. *Fisika untuk Universitas I*. Jakarta: Erlangga.



## *Tentang Penulis*



*Muhammad Arifuddin Jamal.*

Lahir tanggal 1 Oktober 1962 di Kuduk, Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan. Tamat Sarjana Pendidikan Fisika di Jurusan Fisika FMIPA IKIP Ujung Pandang (sekarang Universitas Negeri Makassar) tahun 1987 dan Meraih Gelar Magister Pendidikan Sains Konsentrasi Pendidikan Fisika di Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya tahun 2009.

Saat ini aktif sebagai dosen di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin. Bidang Fisika yang ditekuni adalah Fisika Dasar, Termodinamika, dan Fisika Modern.



*Andi Ichsan Mahardika.*

Lahir tanggal 31 Maret 1985 di Ujung Pandang, Sulawesi Selatan. Tamat Sarjana Pendidikan Fisika di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Makassar tahun 2007 dan Meraih Gelar Magister Pendidikan Fisika di Program Pascasarjana Universitas Negeri Makassar tahun 2011.

Saat ini penulis aktif sebagai dosen di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin. Bidang Fisika yang ditekuni adalah Fisika Inti, Termodinamika, serta Gelombang dan Optika. Pada bidang Pendidikan Fisika, penulis menekuni dan meneliti penalaran, pemecahan masalah dan multi inteligensi siswa dalam pembelajaran fisika.