

BAB -11

TERMODINAMIKA

I. Pendahuluan

Semua makhluk hidup melakukan pekerjaan. Tumbuh-tumbuhan melakukan pekerjaan ketika mengangkat air dari akar ke cabang-cabang, hewan melakukan pekerjaan ketika berenang, merayap, dan terbang. Kerja juga terjadi ketika pemompaan darah melalui pembuluh darah dalam tubuh dan pada pemompaan ion-ion melewati dinding sel. Semua kerja ini diperoleh dari pengeluaran energy kimia yang disimpan dalam makanan yang dikonsumsi oleh makhluk hidup.

Termodinamika berasal dari dua kata yaitu thermal (yang berkenaan dengan panas) dan dinamika (yang berkenaan dengan pergerakan). Termodinamika adalah kajian mengenai hubungan, panas, kerja, dan energy dan secara khusus perubahan panas menjadi kerja. Hukum termodinamika pertama dan kedua dirumuskan pada abad ke-19 oleh para ilmuwan mengenai peningkatan efisiensi mesin uap. Bagaimanapun hukum ini merupakan dasar seperti hukum fisika lainnya. Mereka membatasi efisiensi amuba atau ikan paus seperti mereka membatasi efisiensi mobil atau tenaga nuklir tumbuhan.

II. Beberapa Siklus dalam termodinamika

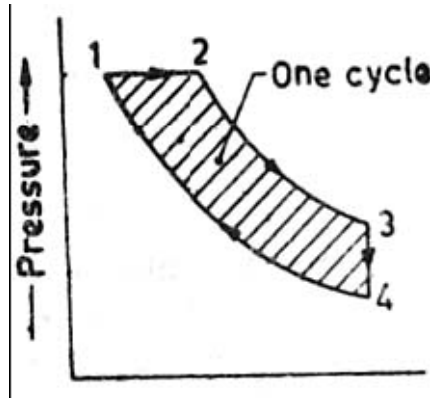
Dengan menganggap sejumlah tertentu gas terkandung dalam sebuah silinder yang disusun dengan piston dan thermometer. Dengan menggerakkan piston dan memanaskan atau mendinginkan silinder, tekanan P , volume V , dan suhu T dapat diubah. Keadaan termodinamika gas ditentukan dengan memberikan nilai dari variable-variable termodinamika P , V dan T . Jika variable-variable dihubungkan oleh persamaan

$$PV=nRT$$

Dimana n adalah jumlah mol gas dan $R=8,314 \text{ J/K}$ adalah tetapan gas. Persamaan ini menunjukkan bahwa jika dua variable diketahui, variable ketiga dapat ditentukan. Hal ini berarti hanya dua variable yang diperlukan untuk menentukan keadaan. Bahkan jika gas tidak ideal, hanya dua variable yang diperlukan, karena terdapat persamaan keadaan yang berhubungan dengan variable-variable ini.

Siklus termodinamika terdiri dari urutan operasi/proses termodinamika, yang berlangsung dengan urutan tertentu, dan kondisi awal diulangi pada akhir proses. Jika

operasi atau proses dilukiskan pada diagram p-v, akan membentuk lintasan tertutup. Karena daerah dibawah setiap kurva merupakan kerja yang dilakukan, sehingga kerja netto dalam satu siklus diberikan oleh daerah yang ditutupi oleh lintasan, seperti ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Sebuah siklus termodinamika.

Pengetahuan mengenai siklus termodinamika adalah penting di dalam sistem pembangkit tenaga (seperti mesin bensin, diesel, turbin gas, dll). Mesin-mesin ini menggunakan campuran bahan bakar dan udara untuk operasinya. Karena massa bahan bakar yang digunakan sangat kecil bila dibandingkan dengan massa udara, sehingga campuran diasumsikan mengikuti sifat-sifat gas sempurna.

Klasifikasi Siklus Termodinamika

Siklus termodinamika, secara umum, bisa diklasifikasikan kedalam dua tipe:

1. Siklus reversibel,
2. Siklus irreversibel.

Siklus Reversibel

Sebuah proses, dimana perubahan dalam arah sebaliknya, akan membalik proses seutuhnya, dikenal dengan proses reversibel. Sebagai contoh, jika selama proses termodinamika dari keadaan 1 ke 2, kerja yang dilakukan oleh gas adalah W_{1-2} , dan kalor yang diserap adalah Q_{1-2} . Sekarang jika kerja dilakukan pada gas sebesar W_{1-2} dan mengeluarkan kalor sebesar Q_{1-2} , kita akan membawa sistem kembali dari keadaan 2 ke 1, proses disebut reversibel.

Pada proses reversibel, seharusnya tidak ada kerugian panas karena gesekan, radiasi atau konduksi, dsb. Siklus akan reversibel jika semua proses yang membentuk siklus

adalah reversibel. Maka pada siklus reversibel, kondisi awal dicapai kembali pada akhir siklus.

Siklus Ireversibel

Sebagaimana telah disebut di atas bahwa jika perubahan dalam arah sebaliknya, akan membalik proses seutuhnya disebut sebagai proses reversibel. Tetapi jika perubahan tidak membalik proses, maka disebut proses ireversibel. Pada proses ireversibel, terjadi kerugian panas karena gesekan, radiasi atau konduksi.

Dalam keadaan di lapangan, sebgai besar proses adalah ireversibel. Penyebab utama ireversibel adalah : (1) gesekan mekanik dan fluida, (2) ekspansi tak tertahan, (3) perpindahan panas dengan perbedaan temperatur tertentu. Lebih jauh, gesekan akan merubah kerja mekanik menjadi panas. Panas ini tidak bisa dirubah kembali dalam jumlah yang sama ke dalam kerja mekanik. Sehingga jika ada gesekan di dalam proses maka proses adalah ireversibel. Sebuah siklus adalah ireversibel jika ada proses ireversibel pada proses-proses pada siklus tersebut. Maka pada siklus ireversibel, kondisi awal tidak didapati pada akhir siklus.

Reversibilitas Proses Termodinamika

1. Isothermal dan Adiabatik

Perlu dicatat bahwa proses atau siklus penuh adalah hal yang ideal. Dalam keadaan sebenarnya, operasi isothermal atau adiabatik lengkap tidak dicapai. Namun demikian keadaan ini bisa diperkirakan. Alasan dari hal tersebut adalah tidak mungkin mentransfer kalor pada temperatur konstan pada operasi isothermal. Lebih jauh, adalah tidak mungkin membuat silinder non-konduksi pada proses adiabatik. Pada keadaan sebenarnya, proses isothermal bisa dicapai jika proses begitu lambat sehingga kalor yang diserap atau dilepaskan pada laju dimana temperatur tetap konstan. Dengan cara yang sama, proses adiabatik bisa dicapai jika proses terjadi dengan sangat cepat sehingga tidak ada waktu bagi kalor untuk masuk atau meninggalkan gas.

Dengan pandangan tersebut, proses isothermal dan adiabatik dianggap sebagai proses reversibel.

2. Volume konstan, tekanan konstan dan pvn konstan

Kita tahu bahwa temperatur benda panas, yang memberikan panas, tetap konstan selama proses, temperatur zat kerja akan bervariasi ketika proses berlangsung. Dalam pandangan ini, ketiga operasi di atas adalah ireversibel. Tetapi hal ini bisa dibuat

mendekati reversibilitas dengan memanipulasi temperatur benda panas bervariasi sehingga pada setiap tingkatan temperatur zat kerja tetap konstan.

Dalam hal ini, proses volume konstan, tekanan konstan dan pvn konstan dianggap sebagai proses reversibel.

Efisiensi Siklus

Didefinisikan sebagai rasio kerja yang dilakukan terhadap kalor yang disuplai selama siklus. Secara matematik, efisiensi siklus: diberikan yangkalor dilakukan yang kerja

$$\eta = \frac{\text{Kerja yang dilakuan}}{\text{kalor yang diberikan}}$$

Karena kerja yang dilakukan selama satu siklus adalah sama dengan kalor yang diberikan dikurangi dengan kalor yang dilepaskan, efisiensi siklus bisa juga dinyatakan:

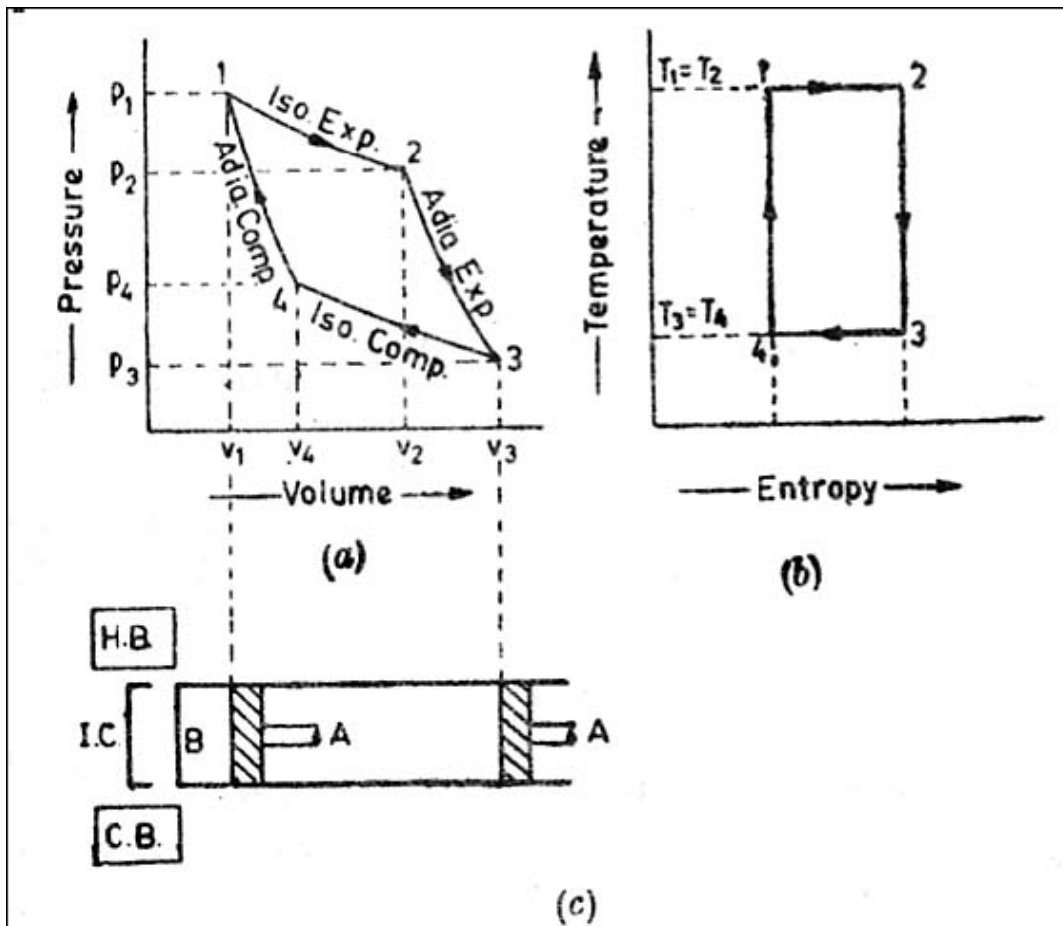
$$\eta = \frac{\text{Kerja yang diberikan} - \text{kalor yang dilepaskan}}{\text{Kalor yang diberikan}}$$

Siklus Carnot

Siklus di buat oleh carnot, yang merupakan ilmuwan pertama yang menganalisis permasalahan efisiensi mesin kalor. Pada mesin carnot, zat kerja melakukan operasi siklus yang terdiri dari dua operasi termal dan dua operasi adiabatik. Diagram P-V dan T-S dari siklus ditunjukkan pada gambar di bawah ini

Mesin yang dibayangkan oleh Carnot mempunyai udara (yang dianggap mempunyai sifat seperti gas sempurna) sebagai zat kerja yang berada di dalam silinder dimana terdapat piston A yang bergerak tanpa gesekan. Dinding silinder dan piston adalah non-konduktor, tetapi dasar silinder B adalah konduktor dan ditutup oleh penutup terisolasi IC. Mesin diasumsikan bekerja diantara dua sumber dengan kapasitas yang tak terbatas, satu pada temperatur tinggi dan yang lainnya pada temperatur rendah.

Teorema Carnot adalah pernyataan formal dari fakta bahwa: Tidak mungkin ada mesin yang beroperasi diantara dua reservoir panas yang lebih efisien daripada sebuah mesin Carnot yang beroperasi pada dua reservoir yang sama. Artinya, efisiensi maksimum yang dimungkinkan untuk sebuah mesin yang menggunakan temperatur tertentu diberikan oleh efisiensi mesin Carnot



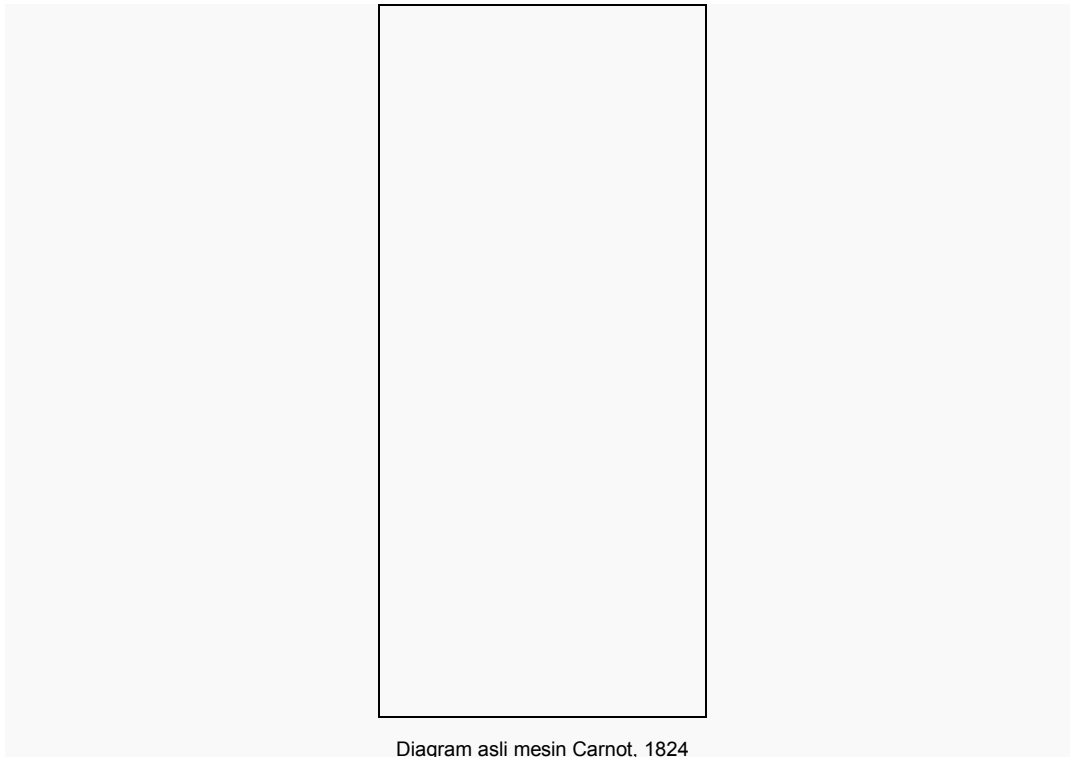
Mesin Carnot adalah mesin kalor hipotetis yang beroperasi dalam suatu siklus reversibel yang disebut siklus Carnot. Model dasar mesin ini dirancang oleh Nicolas Léonard Sadi Carnot, seorang insinyur militer Perancis pada tahun 1824. Model mesin Carnot kemudian dikembangkan secara grafis oleh Émile Clapeyron 1834, dan diuraikan secara matematis oleh Rudolf Clausius pada 1850an dan 1860an. Dari pengembangan Clausius dan Clapeyron inilah konsep dari entropi mulai muncul.

Setiap sistem termodinamika berada dalam keadaan tertentu. Sebuah siklus termodinamika terjadi ketika suatu sistem mengalami rangkaian keadaan-keadaan yang berbeda, dan akhirnya kembali ke keadaan semula. Dalam proses melalui siklus ini, sistem tersebut dapat melakukan usaha terhadap lingkungannya, sehingga disebut mesin kalor.

Sebuah mesin kalor bekerja dengan cara memindahkan energi dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin, dan dalam prosesnya, mengubah sebagian

energi menjadi usaha mekanis. Sistem yang bekerja sebaliknya, dimana gaya eksternal yang dikerjakan pada suatu mesin kalor dapat menyebabkan proses yang memindahkan energi panas dari daerah yang lebih dingin ke energi panas disebut mesin *refrigerator*.

Pada diagram di bawah ini, yang diperoleh dari tulisan Sadi Carnot berjudul *Pemikiran tentang Daya Penggerak dari Api (Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu)*, diilustrasikan ada dua benda A dan B , yang temperaturnya dijaga selalu tetap, dimana A memiliki temperatur lebih tinggi daripada B . Kita dapat memberikan atau melepaskan kalor pada atau dari kedua benda ini tanpa mengubah suhunya, dan bertindak sebagai dua reservoir kalor. Carnot menyebut benda A "tungku" dan benda B "kulkas".^[1] Carnot lalu menjelaskan bagaimana kita bisa memperoleh daya penggerak (usaha), dengan cara memindahkan sejumlah tertentu kalor dari reservoir A ke B .



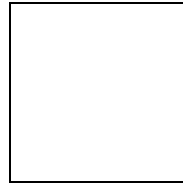
Implikasi lain dari teorema Carnot adalah *mesin reversibel yang beroperasi antara dua reservoir panas yang sama memiliki efisiensi yang sama pula*.

Efisiensi maksimum yang dinyatakan pada persamaan diatas dapat diperoleh jika dan hanya jika tidak ada entropi yang diciptakan dalam siklus tersebut. Jika ada, maka karena entropi adalah fungsi keadaan, untuk membuang kelebihan entropi agar dapat kembali ke keadaan semula akan melibatkan pembuangan kalor ke lingkungan,

yang merupakan proses irreversibel dan akan menyebabkan turunnya efisiensi. Jadi persamaan diatas hanya memberikan efisiensi dari sebuah mesin kalor reversibel.

Pengertian Isoterm

Semua keadaan dengan suhu yang sama terletak pada kurva disebut isotherm. Pada gambar menunjukkan beberapa Isoterm untuk suhu yang berbeda: suhu dari isotherm tertentu lebih tinggi dari suhu semua isotherm yang terletak dibawahnya dan lebih rendah dari suhu semua isotherm yang terletak diatasnya. Pada suhu yang tinggi isotherm merupakan kurva yang halus yang ditunjukkan oleh persamaan 11.1, tetapi pada temperature rendah bentuk isotherm lebih kompleks karena gas tidak lagi ideal.



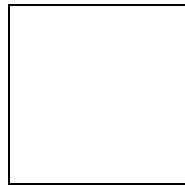
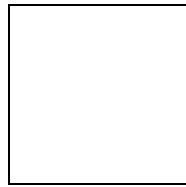
Pengertian Isotermal

Pada perubahan isothermal suhu dipertahankan agar konstan (tetap). Hal ini dilakukan dengan menempatkan silinder yang dihubungkan dengan sumber air pada suhu yang diinginkan (gambar 11.4b). Silinder mempunyai dinding yang tipis yang terbuat dari bahan yang dapat menghantarkan panas, misalnya tembaga, sehingga panas dengan mudah mengalir secara bolak-balik antara sumber air dan gas. Sumber air cukup besar dengan suhu yang tidak dapat dipengaruhi oleh jumlah perubahan panas dan gas. Selama ekspansi isothermal, panas mengalir ke gas untuk menjaga suhu agar konstan (ingat, suhu gas menurun jika panas terhalangi untuk mengalir ke gas selama ekspansi terjadi). Sistem yang mengikuti keadaan isotherm terjadi dari keadaan awal A ke keadaan Akhir B' (gambar 11.3)

Pengertian Adiabatik

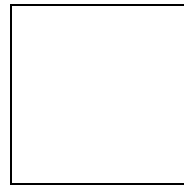
Pada perubahan adiabatic tidak ada panas yang dapat masuk atau keluar dari system. Hal ini karena dikelilingi oleh silinder dengan bahan-bahan penyekat seperti asbes atau streafoam (gambar 11.4a). Jika gas ideal di kembangkan secara adiabatic,

suhu dan tekanan menurun. Sistem tersebut ditunjukkan oleh garis penuh AB pada gambar 11.3



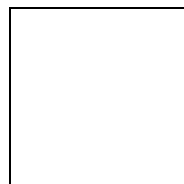
Pengertian Isokhorik

Pada perubahan isokhorik volume system dipertahankan agar konstan. Hal ini dilakukan dengan mengapit piston pada posisi tertentu. Keadaan gas diubah dengan memanaskan gas (gambar 11.4c). Ketika piston dipasang, tidak ada kerja yang dilakukan oleh system selama terjadi perubahan. Sistem mengikuti garis AA' pada gambar 11.3



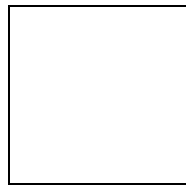
Pengertian Isobarik

Pada perubahan isobarik, tekanan system diertahankan pada tekanan tertentu. Hal ini dilakukan dengan menggunakan tekanan konstan eksternal ke piston (gambar 11.4d). Keadaan gas diubah dengan memanaskan gas. Sistem tersebut mengikuti garis AB'' pada gambar 11.



III. Hukum Pertama Termodinamika

Hukum ini terkait dengan kekekalan energi. Hukum ini menyatakan perubahan energi dalam dari suatu sistem termodinamika tertutup sama dengan total dari jumlah energi kalor yang disuplai ke dalam sistem dan kerja yang dilakukan terhadap sistem. Hukum pertama termodinamika adalah konservasi energi. Secara singkat, hukum tersebut menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi hanya dapat berubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lainnya. Untuk tujuan termodinamik, perlu lebih spesifik dan menguraikan hukum tersebut secara lebih kuantitatif. Termodinamika memperhitungkan hubungan antara system S, misalnya gas dalam silinder pada gambar 11.1 dan lingkungan ϵ di sekelilingnya. Lingkungan adalah segala sesuatu yang ada di luar system yang dapat mempengaruhi system, dimana pada banyak kasus termasuk pada sekeliling system. Sistem dan lingkungan merupakan semesta U.



Energi sistem (E_s) adalah jumlah energi kinetik molekul-molekul system (energi termal) dan energi potensial atom-atom dalam molekul (energi kimia). Energi E_s bergantung pada keadaan system, berubah ketika keadaan berubah. Misalnya, perubahan isobaric pada gambar 11.4d, sumber panas meningkatkan energi termal system. Jika sumber panas adalah bagian dari lingkungan, energi E_ϵ lingkungan juga berubah. Hukum pertama termodinamika mengatakan bahwa energi E_u semesta

$$E_u = E_s + E_\epsilon$$

Tidak berubah. Ini berarti, jika E_s dan E_ϵ adalah energi sistem dan lingkungan ketika sistem berada pada satu keadaan dan E'_s dan E'_ϵ adalah energi ketika sistem berada pada keadaan lain, maka

$$E'_s + E'_\epsilon = E_s + E_\epsilon \text{ atau } (E'_s - E_s) + (E'_\epsilon - E_\epsilon)$$

Seperti sebelumnya, delta digunakan sebagai awalan yang berarti “perbedaan dalam” atau „perubahan dari“. Secara spesifik ΔE_s adalah energi dari keadaan akhir sistem dikurangi energi dari keadaan awal,

$$\Delta E_S = E'_S - E_S$$

Dan ΔE_S adalah energi akhir lingkungan dikurangi energi awal

$$\Delta E_\epsilon = E'_\epsilon - E_\epsilon$$

Hubungan simbol-simbol persamaan 11.2 dapat dituliskan

$$\Delta E_S + \Delta E_\epsilon = 0 \text{ atau}$$

$$\Delta E_S = - \Delta E_\epsilon \text{ hukum pertama 11.3}$$

Ini adalah ungkapan matematika yang sesuai untuk hukum pertama termodinamika. Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung perubahan energi sistem jika perubahan energi lingkungan diketahui, dan sebaliknya.

IV. Hukum kedua Termodinamika

Hukum kedua termodinamika terkait dengan entropi. Hukum ini menyatakan bahwa total entropi dari suatu sistem termodinamika terisolasi cenderung untuk meningkat seiring dengan meningkatnya waktu, mendekati nilai maksimumnya.

Sebuah benda dengan massa m dilepaskan dari ketinggian h secara spontan jatuh ke tanah, kemudian diam. Pada situasi ini energi semesta adalah jumlah energi termal benda, energi termal tanah dan energi mekanik benda. Sebelum dilepaskan, benda mempunyai energi mekanik yang sama dengan energi potensialnya $U = mgh$, dan setelah benda tersebut diam di tanah, energi mekaniknya nol. Pada proses ini, dengan gemikian energi mekanik semesta berkurang dari mgh menjadi nol. Jika energi total semesta tidak berubah (hukum pertama termodinamika), energi termal semesta dapat meningkat dengan mgh . Peningkatan energi termal menunjukkan peningkatan yang kecil pada temperatur benda dan tanah.

Sebagaimana diketahui dari pengalaman sehari-hari bahwa suatu benda yang awalnya diam di tanah tidak akan pernah secara spontan meloncat ke udara. Hal tersebut tidak mungkin terjadi karena melanggar hukum pertama. Jika sebuah benda meloncat ke udara, akan terjadi peningkatan energi mekanik semesta. Hal ini tidak akan melanggar hukum pertama, bagaimanapun jika terdapat hubungan penurunan energi termal semesta. Hukum pertama tidak menjelaskan mengapa benda tidak pernah meloncat ke udara secara spontan.

Proses benda meloncat ke udara secara spontan adalah kebalikan dari proses benda jatuh ke tanah secara spontan. Satu proses terjadi dengan mudah. Sedangkan

proses kebalikannya tidak akan pernah terjadi sama sekali. Banyak proses irreversibel yang lain yang dapat terjadi hanya dalam satu arah. Sebagai contoh, ketika benda yang dingin dan benda panas bersentuhan, kalor selalu mengalir dari benda panas ke benda yang dingin, dan tidak pernah dari benda dingin ke benda yang panas. Akibatnya suhu benda yang panas menurun, sedangkan suhu benda yang dingin meningkat. Jika proses kebalikan yang terjadi, benda yang dingin akan menjadi lebih dingin sedangkan benda yang panas akan lebih panas. Contoh lain, tinta diteteskan ke dalam segelas air, menyebar hingga tinta tersebut dalam air. Proses kebalikannya, dimana campuran air dan tinta secara spontan memisah menjadi air murni dan tinta murni, tidak akan pernah terjadi.

Formulasi Kelvin-Planck atau hukum termodinamika kedua menyebutkan bahwa adalah tidak mungkin untuk membuat sebuah mesin kalor yang bekerja dalam suatu siklus yang semata-mata mengubah energi panas yang diperoleh dari suatu reservoir pada suhu tertentu seluruhnya menjadi usaha mekanik. Hukum kedua termodinamika mengatakan bahwa aliran kalor memiliki arah; dengan kata lain, tidak semua proses di alam semesta adalah reversibel (dapat dibalikkan arahnya). Sebagai contoh jika seekor burung kutub tertidur di atas salju, maka salju di bawah tubuhnya akan mencair karena kalor dari tubuh burung tersebut. Akan tetapi burung tersebut tidak dapat mengambil kalor dari salju tersebut untuk menghangatkan tubuhnya. Dengan demikian, aliran energi kalor memiliki arah, yaitu dari panas ke dingin. Satu aplikasi penting dari hukum kedua adalah studi tentang mesin kalor.

V. Hukum ketiga Termodinamika

Hukum ketiga termodinamika terkait dengan temperatur nol absolut. Hukum ini menyatakan bahwa pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum. Hukum ini juga menyatakan bahwa entropi benda berstruktur kristal sempurna pada temperatur nol absolut bernilai nol.

VI. Kalorimetri

Kalor yang diserap selama perubahan diukur dalam kalorimeter, sebuah bejana air yang besar mengelilingi wadah yang lebih kecil. Bagian luar bejana disekat secara termal untuk mencegah kalor masuk atau keluar selama perubahan terjadi. Wadah yang

terbuat dari tembaga atau bahan yang dapat menghantarkan panas, untuk memastikan terjadi pertukaran panas antara air dan wadah. Wadah melingkupi sistem untuk di ukur, dan air yang mengelilingi, wadah adalah lingkungan.

VII. Kalor Jenis (kalor spesifik)

Ketika kalor ditambahkan pada sistem, suhu sistem meningkat. Untuk memberikan sejumlah kalor, suhu berubah ΔT bergantung pada tekanan atau volume sistem yang dijaga konstan selama proses. Pada perubahan Isokhorik (volume konstan), perubahan suhu dihubungkan dengan kalor yang diserap.

$$Q = C_v \cdot \Delta T \text{ Isokhorik11.6a}$$

Dimana C_v adalah kapasitas kalor sistem pada volume konstan. Kalor jenis C_v suatu zat adalah kapasitas kalor dibagi oleh massa zat :

$$C_v = C_v/m \text{.....11.6b}$$

Kalor jenis adalah sifat khas suatu zat. Hal tersebut bergantung pada suhu, tetapi suhu yang sangat kecil dapat dianggap konstan. Jika tidak ada kerja yang terjadi ketika $\Delta V = 0$, kalu Q yang di serap sama dengan perubahn energi. Gabungan persamaan 11.6a dan 11.6b, diperoleh :

$$\Delta E_s = Q = mC_v \cdot \Delta T$$

Kebanyakan perubahan bilogi terjadi pada tekanan tetap (konstan) daripada volume tetap, pada perubahan isobari (tekanan konstan), perubahan suhu dihubungkan dengan kalor yang diserap

$$Q = mC_p \cdot \Delta T \text{ Isobarik.....11.7}$$

Dimana C_p adalah kalor jenis pada tekanan konstan. ini adalah kalor jenis yang banyak digunakan secara umum. Tabel 11.1 memberikan nilai C_p untuk beberapa Zat. Satuannya adalah Kcal /kg°C atau J/kg°C

Dari persamaan 11.4 , 11.5 dan 11.7 perubahan energi dalam perubahan Isobarik menjadi,

$$\begin{aligned} \Delta E_s &= Q - W \\ &= m \cdot C_p \cdot \Delta T - P \cdot \Delta V \end{aligned}$$

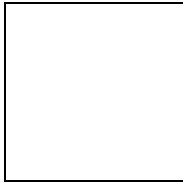
Jika cairan atau padatan di panaskan pada tekanan konstan, hanya terjadi peningkatan kecil pada volume, jadi hubungan $P\Delta V$ sangat kecil pada persamaan 11.8. Akibatnya terdapat perbedaab yang kecil antara perubahan volume konstan dan

tekanan konstan untuk cairan atau padatan, dan C_v sama dengan C_p untuk semua tujuan praktis. Gas, disisi lain dianggap mengalami ekspansi ketika di panaskan, dengan demikian 1,0 dan 16,7 bergantung pada gas. Di bawah ini merupakan tabel beberapa kalor jenis pada tekanan 1 atm.

Substance	T (°C)	T(Kcal/Kg°C)	T(J/Kg°C)
Gass			
Air	100	0,240	1000
Carbon dioksida	15	0,199	833
Oksigen	15	0,218	913
Nitogen	15	0,248	1040
Air	100	0,482	2020
Liquid			
Ethanol	25	0,581	2430
Merkuri	20	0,0332	139
Air	0	1,0074	4218,1
Solid			
Alumunium	20	0,214	899
Brass	20	0,0917	384
Copper	20	0,0921	386
Glass,crown	20	0,161	674
Flint	20	0,117	490
Granite	20	0,192	804
Human body	37	0,83	3500
Iron	20	0,115	481
air	0	0,492	2060
Kayu	20	0,42	1760

VIII. Entalpi

Entalpi adalah istilah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi internal dari suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja. Secara matematis, entalpi dapat dirumuskan sebagai berikut:



di mana:

- H = entalpi sistem (joule)
- U = energi internal (joule)
- P = tekanan dari sistem (Pa)
- V = volume sistem (m^3)

Kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran dalam satuan derajat panas. Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda.

Dari sisi sejarah kalor merupakan asal kata caloric ditemukan oleh ahli kimia perancis yang bernama Antonnie laurent lavoiser (1743 - 1794). Kalor memiliki satuan Kalori (kal) dan Kilokalori (Kkal). 1 Kal sama dengan jumlah panas yang dibutuhkan untuk memanaskan 1 gram air naik 1 derajat celcius.

APLIKASI TERMODINAMIKA DALAM BIOLOGI

Pengaturan Suhu Tubuh

Pengaturan temperatur adalah suatu pengaturan secara kompleks dari suatu proses fisiologis di mana terjadi kesetimbangan antara produksi panas dan kehilangan panas sehingga suhu tubuh dapat dipertahankan secara konstan.

Burung atau mamalia secara fisiologis digolongkan dalam worm Blooded atau homothermal. Organisme homothermal ini secara umum dapat dikatakan temperatur tubuh tetap konstan walaupun suhu lingkungan berubah. Hal ini terjadi karena ada interaksi berantai antara pembentukan panas dan kehilangan panas. Kedua proses ini dalam keadaan tertentu aktifitasnya diatur oleh susunan syaraf pusat yang mana mengatur metabolisme, sirkulasi (peredaran darah), perspirasi (penguapan) dan pekerjaan otot-otot skeletal. sebagai contoh kontraksi otot banyak menghasilkan panas, rumusnya dapat di tulis:

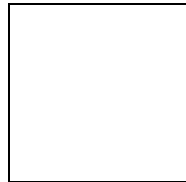
$$K = W/H$$

Dimana K = Efisiensi

H = Energi total (dalam kalori) pada waktu kerja

W = Usaha dinyatakan dalam KgM

Temperatur 37°C diterima sebagai temperatur normal tubuh manusia. Untuk mengukur rata-rata temperatur badan dan kulit terdapat banyak kesukaran. Berikut keterangan suhu tubuh dalam anggota badan manusia.



Dengan mengetahui temperatur kulit rata-rata kita dapat menentukan temperatur tubuhnya : ini berdasarkan hasil percobaan temperatur basal rektal dan dubur pada keadaan temperatur lingkungan oleh DuBois. N. Y. Acad. Med., 1939, 75: 143-173. yaitu dengan cara : Mean Body temperatur = (0,69 x temperatur kulit rata-rata).

Kuantitas suhu tubuh ini berkaitan dengan panas yang tertampung di dalam tubuh manusia (heat storage). Untuk menghitung banyaknya panas yang tertampung dalam tubuh manusia, yaitu dengan cara harus menghitung perubahan temperatur tubuh rata-rata dikalikan dengan panas spesifik dan mas badan maka diperoleh persamaan:

Heat storage = temperatur change x spesifik heat x massa

