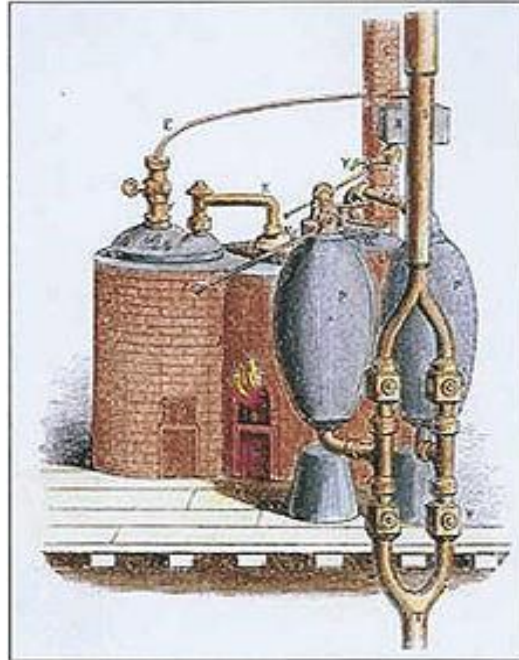


# History of thermodynamics

*From Wikipedia, the free encyclopedia*



*Tenes Widoyo  
Pendidikan Fisika PPS UM 2010*

## A. Pengertian Termodinamika

Termodinamika (bahasa Yunani: *thermos* = 'panas' and *dynamic* = 'perubahan') adalah fisika energi, panas, kerja, entropi dan kespontanan proses. Termodinamika berhubungan dekat dengan mekanika statistik di mana banyak hubungan termodinamika berasal. Pada sistem di mana terjadi proses perubahan wujud atau pertukaran energi, termodinamika klasik tidak berhubungan dengan kinetika reaksi (kecepatan suatu proses reaksi berlangsung). Karena alasan ini, penggunaan istilah "termodinamika" biasanya merujuk pada termodinamika setimbang. Dengan hubungan ini, konsep utama dalam termodinamika adalah proses kuasistatik, yang diidealkan, proses "super pelan". Proses termodinamika bergantung waktu dipelajari dalam termodinamika tak-setimbang. Karena termodinamika tidak berhubungan dengan konsep waktu, telah diusulkan bahwa termodinamika setimbang seharusnya dinamakan termostatik.

Hukum termodinamika kebenarannya sangat umum, dan hukum-hukum ini tidak bergantung kepada rincian dari interaksi atau sistem yang diteliti. Ini berarti mereka dapat diterapkan ke sistem di mana seseorang tidak tahu apa pun kecuali perimbangan transfer energi dan wujud di antara mereka dan lingkungan. Contohnya termasuk perkiraan Einstein tentang emisi spontan dalam abad ke-20 dan riset sekarang ini tentang termodinamika benda hitam.

## B. Hukum-Hukum Dasar Termodinamika

- a) Hukum Awal (Zeroth Law) Termodinamik yang menyatakan bahwa dua sistem dalam keadaan setimbang dengan sistem ketiga, maka ketiganya dalam saling setimbang satu dengan lainnya.
- b) Hukum Pertama Termodinamik ada keterkaitan 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.
- c) 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.
- d) 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.

## C. Sejarah Termodinamika

Peristiwa-Peristiwa Penting Termodinamik pada dasarnya, termodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang panas sebagai energi yang mengalir. Oleh karena itu, sejarah berkembangnya ilmu termodinamika berawal sejak manusia mulai "memikirkan" tentang panas..

Abad ke 5 SM filsuf Yunani Parmenides, dalam karyanya hanya dikenal, puisi konvensional berjudul *On Nature*, menggunakan penalaran verbal untuk mendalilkan bahwa kekosongan, pada dasarnya apa yang sekarang dikenal sebagai vakum, di alam tidak bisa terjadi. Pandangan ini didukung oleh argumen-argumen Aristoteles, tetapi dikritik oleh Leucippus dan Hero dari Alexandria. Dari dulu sampai Abad Pertengahan berbagai argumen dikemukakan untuk membuktikan atau menolak adanya vakum dan beberapa usaha dilakukan untuk membangun vakum tapi semua terbukti berhasil.

Abad 16 dan 17 Ilmuwan Eropa Kornelius Drebbel, Robert Fludd, Galileo Galilei dan Santorio Santorio pada mampu mengukur "dingin" relatif atau "hotness" udara, menggunakan termometer udara dasar (atau thermoscope). Hal ini mungkin dipengaruhi oleh perangkat sebelumnya yang dapat memperluas dan kontrak udara dibangun oleh Philo dari Byzantium dan Hero dari Alexandria.

350 SM Aristoteles Adalah orang yang pertama kali melakukan percobaan tentang panas. Dia mengatakan bahwa panas adalah bagian dari materi atau materi tersusun dari panas Penalaran yang dilakukan oleh Aristoteles.

Tahun 1593 Galileo Galilei meneruskan percobaan Aristoteles yang menganggap bahwa panas adalah sesuatu yang dapat diukur dengan penemuannya berupa termometer air.

Tahun 1600 an , filsuf Inggris Francis Bacon dan ilmuwan menduga: "Panas itu sendiri, esensi dan hakekat adalah gerak dan tidak ada lagi."

Tahun 1643, Galileo Galilei, sementara umumnya menerima menyedot penjelasan horor vacui diusulkan oleh Aristoteles, percaya bahwa alam vakum-kebencian terbatas. Pompa beroperasi di tambang sudah membuktikan bahwa alam hanya akan mengisi vakum dengan air sampai ketinggian 30 kaki. Mengetahui fakta ini penasaran, Galileo mendorong bekas muridnya Evangelista Torricelli untuk menyelidiki keterbatasan ini seharusnya. Torricelli tidak percaya bahwa vakum-kebencian (Horror vacui) dalam arti perspektif 'menghisap' Aristoteles, bertanggung jawab untuk meningkatkan air. Sebaliknya, ia beralasan, itu adalah hasil dari tekanan yang diberikan pada cairan oleh udara sekitarnya. Untuk membuktikan teori ini, ia mengisi sebuah tabung kaca panjang (tertutup di salah satu ujung) dengan merkuri dan terjungkal ke dalam piring juga mengandung merkuri. Hanya sebagian tabung kosong (seperti yang ditunjukkan berdekatan) sekitar 30 inci cairan tetap. Seperti merkuri dikosongkan, dan vakum yang telah dibuat di bagian atas tabung. Ini, vakum buatan manusia pertama, efektif menyangkal teori 'menghisap' Aristoteles dan menegaskan adanya kekosongan di alam.

Tahun 1650 Otto von Guericke menemukan pompa vakum pertama di dunia digunakan untuk menyanggah Aristoteles bahwa 'alam membenci kekosongan'. Penemuannya tentang Tekanan udara dan vakum pada pompa vakum terdiri dari piston dan silinder pistol udara dengan dua arah flaps dirancang untuk menarik udara keluar dari kapal itu pun terhubung ke, dan digunakan untuk menyelidiki sifat vakum dalam banyak percobaan. Pompa ini dijelaskan dalam Bab II dan III dari Buku III dari Nova.Guericke Experimenta menunjukkan kekuatan tekanan udara dengan percobaan dramatis. Dengan eksperimen Guericke menyangkal hipotesis "horror vacui", alam yang membenci kekosongan, yang selama berabad-abad dijunjung tinggi oleh filsuf dan ilmuwan sebagai aprinciple alam. Guericke menunjukkan bahwa zat tidak ditarik oleh vakum, tetapi didorong oleh tekanan dari cairan sekitarnya. Semua pekerjaan von Guericke pada vakum dan tekanan udara yang diuraikan dalam Buku III dari Nova Experimenta (1672). Mengenai kronologi yang lebih rinci dari karyanya yang kami miliki, selain deskripsi Nova Experimenta dari demonstrasi di Regensburg pada 1654, dua rekening yang diterbitkan oleh Fr.Schott tahun 1657 dan 1663.

Tahun 1654 Regensburg melakukan percobaan pertama ia secara eksplisit catatan sebagai telah ditunjukkan adalah menghancurkan kapal non-bulat seperti udara tersebut ditarik dari itu. Dia tidak menggunakan pompa vakum secara langsung di kapal, tetapi diperbolehkan udara di dalamnya untuk memperluas ke penerima yang sebelumnya dievakuasi. Yang kedua adalah sebuah percobaan di mana sejumlah pria terbukti mampu menarik piston kedap udara hanya sekitar setengah jalan sampai sebuah kapal tembaga silinder. Von Guericke kemudian dilampirkan Receiver nya dievakuasi ke ruang bawah piston dan berhasil menarik piston kembali turun lagi melawan kekuatan laki-

laki menariknya ke atas. Dalam sebuah surat kepada Fr. Schott Juni 1656, direproduksi dalam *Mechanica Hydraulicco-pneumatica*, von Guericke memberikan rekening pendek pengalamannya di Regensburg. Selain dua di atas, ini termasuk ekstraksi udara menggunakan pompa vakum, kepunahan api di sebuah kapal disegel, meningkatkan air dengan pengisapan, demonstrasi bahwa udara memiliki berat, dan demonstrasi tentang bagaimana kabut dan kabut dapat diproduksi dalam wadah tertutup. *Mechanica Hydraulicco-pneumatica* juga menyediakan gambar awal pompa vakum von Guericke itu. Hal ini sesuai dengan deskripsi dalam bab-bab pembukaan Buku III dari *Nova Experimenta* versi pertama dari pompa nya . " Percobaan belahan terkenal itu, seperti yang tercantum dalam bagian biografi di atas, dilakukan antara Juli 1656 dan Agustus 1657. Dalam Bab IV Buku III ia menggambarkan desain baru ditingkatkan dan banyak dari pompa vakum dan penemuan atribut untuk kebutuhan mesin lebih mudah diangkut dengan mana ia bisa menunjukkan eksperimennya kepada Frederick William yang telah menyatakan keinginan untuk melihat mereka. Pompa baru ini juga dijelaskan di halaman 67 dari *Curiosa Technica*. Demonstrasi di Perpustakaan Pemilih di Colln dan Spree der berlangsung pada bulan November 1663 dan direkam oleh guru untuk putra Pemilih itu. (Hal. 113 Schneider.) Ada sejumlah eksperimen, seperti pengujian lebih kejam dari efek vakum pada burung dan ikan (*Experimenta Nova* Buku III Bab XVI), yang tidak dijelaskan dalam *Curiosa Technica*. Meskipun *Nova Experimenta* memang mengandung korespondensi dari 1665, tidak ada alasan untuk meragukan pernyataan von Guericke bahwa pekerjaan itu selesai pada dasarnya Maret 1663. Sepanjang Buku II dan III dia kembali lagi dan lagi dengan tema karena tidak ada kebencian terhadap vakum dan bahwa semua fenomena dijelaskan oleh prinsip ini seharusnya sebenarnya disebabkan oleh tekanan atmosfer dalam hubungannya dengan berbagai potensi inkorporeal yang dia pegang untuk bertindak. Jadi "potensi konservatif" bumi (*virtus conservativa*) memberikan penjelasan untuk fakta bahwa Bumi mempertahankan atmosfer meskipun perjalanan melalui ruang. Dalam melawan keberatan dari Deusing Dr bahwa berat atmosfer hanya akan menghancurkan tubuh semua makhluk hidup, ia menunjukkan kesadaran explicit dari properti kunci dari cairan - yang tekanannya merata di semua pesawat. Dalam Bab XXX dari Buku III ia menulis: "Dr Deusing seharusnya diingat bahwa udara tidak hanya tekan pada kepala kita, tetapi mengalir di sekitar kita Sama seperti menekan dari atas di kepala, itu juga menekan pada telapak kaki dari bawah dan secara bersamaan pada semua bagian tubuh dari segala arah. "

Tahun 1656 ahli fisika Inggris dan kimiawan Robert Boyle telah belajar desain Guericke dan, pada dalam koordinasi dengan ilmuwan Inggris Robert Hooke, Membangun sebuah pompa udara. Menggunakan pompa ini, Boyle dan Hooke melihat korelasi antara tekanan, suhu, dan volume. Dalam waktu Hukum Boyle dirumuskan, yang menyatakan bahwa tekanan dan volume berbanding terbalik.

Tahun 1679, Boyle Denis Papin membangun sebuah digester uap, yang merupakan bejana tertutup dengan tutup erat pas bahwa uap terbatas sampai tekanan tinggi yang dihasilkan. Kemudian menerapkan desain katup uap rilis yang

membuat mesin dari meledak. Dengan mengamati katup berirama bergerak naik dan turun, Papin terinspirasi dari ide piston dan silinder mesin.

Tahun 1697, Thomas Savery dibangun mesin pertama berdasarkan desain Papin, diikuti oleh Thomas Newcomen pada 1712. Meskipun mesin ini awal yang kasar dan tidak efisien, mereka menarik perhatian para ilmuwan terkemuka saat itu. Konsep dasar dari kapasitas panas dan panas laten, yang diperlukan untuk pengembangan termodinamika, dikembangkan oleh Profesor Joseph Black di Universitas Glasgow, di mana James Watt bekerja sebagai pembuat instrumen. Black dan Watt melakukan eksperimen bersama-sama, tapi Watt yang dikandung gagasan kondensor eksternal yang menghasilkan peningkatan besar dalam efisiensi mesin uap. Menggambar pada semua pekerjaan sebelumnya.

Tahun 1799 Sir Humphrey Davy dan Count Rumford menegaskan bahwa panas adalah sesuatu yang mengalir. Kesimpulan ini mendukung prinsip kerja termometer, tapi membantah pernyataan Aristoteles. Seharusnya hukum ke-nol termodinamika dirumuskan saat itu, tapi karena termodinamika belum berkembang sebagai ilmu, maka belum terpikirkan oleh para ilmuwan. “dua sistem dalam keadaan setimbang dengan sistem ketiga, maka ketiganya dalam saling setimbang satu dengan lainnya”.

Tahun 1778, Thomas Alfa Edison memperkenalkan mesin uap pertama yang mengkonversi panas menjadi kerja mekanik.

Tahun 1824 Sadi Carnot, berupaya menemukan hubungan antara panas yang digunakan dan kerja mekanik yang dihasilkan. Hasil pemikirannya merupakan titik awal perkembangan ilmu termodinamika klasik dan beliau dianggap sebagai Bapak Termodinamika, mempublikasikan Refleksi pada Kekuatan Motif Api, wacana pada efisiensi panas, kekuatan, energi dan mesin. Makalah ini diuraikan hubungan energik dasar antara mesin Carnot, siklus Carnot, dan kekuatan motif. Ini menandai dimulainya termodinamika sebagai ilmu pengetahuan modern.

Tahun 1845, James P. Joule menyimpulkan bahwa panas dan kerja adalah dua bentuk energi yang satu sama lain dapat dikonversi. Kesimpulan ini didukung pula oleh Rudolf Clausius, Lord Kelvin (William Thomson), Helmholtz, dan Robert Mayer. Selanjutnya, para ilmuwan ini merumuskan ***hukum pertama termodinamika (1850)***

Tahun 1858 Lord Kelvin telah memperkenalkan istilah termodinamika melalui makalahnya: *An Account of Carnot's Theory of the Motive Power of Heat*

Tahun 1859, William Rankine, menulis buku teks termodinamika pertama. Dalam buku ini dituliskan tentang “perubahan energi dalam dari suatu sistem termodinamika tertutup sama dengan total dari jumlah energi panas yang disuplai ke dalam sistem dan kerja yang dilakukan terhadap sistem”

$$\Delta U = Q + W$$

Setelah mempelajari mesin Carnot, Lord Kelvin, Planck, dan menyimpulkan bahwa pada suatu mesin siklik tidak mungkin kalor yang diterima mesin diubah semuanya menjadi kerja, selalu ada kalor yang dibuang oleh mesin.

Hal ini karena adalah sifat sistem yang selalu menuju ketidakteraturan, entropi (S) meningkat. Saat itu hukum. Pada awalnya dilatih sebagai seorang ahli fisika dan seorang profesor teknik sipil dan mekanik di Universitas Glasgow. Dasar termodinamika statistik yang ditetapkan oleh fisikawan seperti James Clerk Maxwell, Ludwig Boltzmann, Max Planck, Rudolf Clausius dan J. Willard Gibbs.

Tahun 1860 Hukum kedua termodinamika diperkenalkan. Menurut Clausius, besarnya perubahan entropi yang dialami oleh suatu sistem, ketika sistem tersebut mendapat tambahan kalor (Q) pada temperatur tetap dinyatakan melalui persamaan di bawah :

“total entropi dari suatu sistem termodinamika terisolasi cenderung untuk meningkat seiring dengan meningkatnya waktu, mendekati nilai maksimumnya”

Tahun 1873-1876 Seorang ahli matematika yang Fisikawan Amerika Josiah Willard Gibbs menerbitkan serangkaian tiga makalah, yang paling terkenal adalah Pada Keseimbangan heterogen Substances, di mana ia menunjukkan bagaimana proses termodinamika, termasuk reaksi kimia, dapat dianalisis grafis, dengan mempelajari energi, entropi, volume, suhu dan tekanan dari sistem termodinamika sedemikian rupa, kita dapat menentukan jika suatu proses akan terjadi secara spontan.

Tahun 1885, Boltzman menyatakan bahwa energi dalam dan entropi merupakan besaran yang menyatakan keadaan mikroskopis sistem. Pernyataan ini mengawali berkembangnya termodinamika statistik, yaitu pendekatan mikroskopis tentang sifat termodinamis suatu zat berdasarkan perilaku kumpulan partikel-partikel yang menyusunnya. Dasar-dasar termodinamika statistik ditetapkan oleh fisikawan seperti James Clerk Maxwell, W. Nernst, Ludwig Boltzmann, Max Planck, Rudolf Clausius dan J. Willard Gibbs. Willard Gibbs.

Tahun 1906 Giauque dan W. Nernst merumuskan hukum ketiga termodinamika. “pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum”

Pada tahun 1906 Giauque dan W. Nernst merumuskan hukum ketiga termodinamika. “pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum”

Tahun 1911, Einstein menyatakan bahwa massa merupakan perwujudan dari energi ( $E=mc^2$ ). Hal ini kemudian dibenarkan oleh ilmuwan mekanika kuantum (1900-1940) bahwa radiasi sebagai bentuk energi bisa bersifat sebagai partikel. Pernyataan ini seakan-akan membenarkan penalaran Aristoteles sebelumnya bahwa materi = energy

Pada tahun 1950, para ilmuwan, seperti Carl Anderson menemukan adanya partikel antimateri yang bisa memusnahkan materi.

Abad 19, Pierre Duhem menulis tentang termodinamika kimia. Selama awal abad 20, kimiawan seperti Gilbert N. Lewis, Merle Randall, dan EA Guggenheim menerapkan metode matematika Gibbs untuk analisis proses kimia.

Termodinamika klasik adalah deskripsi dari negara-negara dan proses sistem

Thermodynamical, menggunakan makroskopik, sifat empiris secara langsung diukur di laboratorium. Hal ini digunakan untuk pertukaran model energi, kerja, panas, dan materi, berdasarkan hukum termodinamika. Klasik kualifikasi mencerminkan fakta bahwa itu mewakili tingkat deskriptif dalam hal parameter empiris makroskopik yang dapat diukur di laboratorium, yang merupakan tingkat pertama pemahaman pada abad ke-19. Sebuah penafsiran mikroskopis konsep-konsep ini diberikan oleh perkembangan termodinamika statistik.

Awal abad 20 Termodinamika statistik, juga disebut mekanika statistik, muncul dengan perkembangan teori atom dan molekul pada paruh kedua abad ke-19 dan, melengkapi termodinamika dengan interpretasi interaksi mikroskopis antara partikel individu atau kuantum-mekanis negara. Bidang ini berhubungan sifat mikroskopis atom dan molekul individu dengan, sifat makroskopik sebagian besar bahan-bahan yang dapat diamati pada skala manusia, sehingga menjelaskan termodinamika sebagai akibat alami dari statistik, mekanika klasik, dan teori kuantum pada tingkat mikroskopis.

Tahun 1900, Max Planck menjelaskan Quantum termodinamika adalah studi tentang dinamika panas dan bekerja dalam sistem kuantum. Sekitar, termodinamika kuantum mencoba untuk menggabungkan termodinamika dan mekanika kuantum ke dalam satu kesatuan yang koheren. Titik penting di mana "mekanika kuantum" dimulai ketika, pada diuraikan "hipotesis kuantum", yaitu bahwa energi sistem atom dapat terkuantisasi, yang didasarkan pada dua hukum pertama termodinamika seperti yang dijelaskan oleh Rudolf Clausius (1865) dan Ludwig Boltzmann (1877). Lihat sejarah mekanika kuantum untuk garis lebih rinci.

## D. Tokoh Ilmuwan Penemu Termodinamika

### 1. Benjamin Thompson

Benjamin Thompson atau 'Count Rumford' (1753 – 1814) adalah penemu, ilmuwan, negarawan, dan tentara terkenal kelahiran Amerika. Benjamin Thompson dilahirkan di Woburn Utara, Massachusetts pada tanggal 26 Maret 1753 beragama Anglican. Ayahnya adalah seorang petani dan meninggal ketika Benjamin Thompson berumur 2 tahun. Ibunya, Ruth Simonds menikah lagi dengan Josiah Pierce pada bulan Maret 1776. Di masa kecilnya, Benjamin Thompson memiliki keterbatasan untuk sekolah sehingga dia lebih banyak belajar sendiri dan kemudian mendapat banyak pengetahuan dari teman dan kenalannya. Pada usia 13 tahun, Benjamin Thompson mulai melakukan beberapa pekerjaan seperti menjadi juru tulis seorang importer, pedagang bahan kering dan kemudian magang di Doctor John Hay of Woburn, dimana Thompson mendapatkan banyak pengetahuan tentang ilmu medis. Bakat Thompson dalam bekerja dengan alat mekanis dan kemampuan bahasanya yang sangat baik membuat John Fowle, salah satu guru lulusan Harvard, membantunya untuk belajar dengan Professor John Winthrop di Harvard. Pada tahun 1772, Thompson meninggalkan kota kelahirannya dan mengajar di salah satu sekolah di Bradford, Massachusetts sambil mempelajari ilmu pengetahuan pada Samuel Williams. Tidak beberapa lama kemudian, Thompson berpindah mengajar di Concord, New Hampshire atas undangan

dari Timothy Walker. Di sana Benjamin Thompson hidup menumpang dan kemudian menikahi anak dari tuan rumahnya, Sarah Walker Rolfe yang merupakan janda kaya di daerah Concord. Istrinyalah yang memperkenalkan Thompson pada Gubernur Wentworth dari New Hampshire dan mengangkatnya menjadi mayor di New Hampshire Militia. Pada saat revolusi Amerika meledak, Thompson diajak bergabung dengan Amerika untuk melawan Inggris karena dia memiliki hubungan penting dengan pemerintah Inggris namun dia menolak. Benjamin Thompson meninggalkan keluarganya di Amerika pada tahun 1774 dan bergabung dengan pemerintah Britania Raya (Inggris) sebagai penasihat Jenderal Thomas Gage. Tahun 1776, Thompson bekerja sebagai juru tulis di Sekretariat Negara kemudian jabatannya terus naik menjadi Sekretaris Provinsi Georgia, dan pada tahun 1779 Benjamin Thompson menjadi salah satu anggota Royal Society. Selain politik, dunia militer juga digeluti oleh Benjamin Thompson. Benjamin Thompson pernah menjabat sebagai letnan kolonel pasukan Britania Raya dan mendapatkan gelar kesatrian dari Raja George III. Pada tahun 1785, Benjamin Thompson bergabung bersama pasukan Austria untuk melawan Turki dan di sana dia berkenalan dengan Pangeran Maximilian dari Bavaria yang mengundangnya untuk tinggal Bavaria. Thompson tinggal di Bavaria selama beberapa tahun untuk memimpin pasukan Bavaria yang kurang mendapatkan perhatian dan penghidupan yang layak, kemudian membuat perubahan besar di daerah tersebut. Para tentara diberi bayaran lebih tinggi, dibuatkan sarana rekreasi, dan diberikan pendidikan gratis baik untuk tentara maupun anak-anak mereka. Benjamin Thompson juga memberikan penghasilan kepada pengemis jalanan dengan mempekerjakan mereka untuk menjahit pakaian tentara Bavaria yang kurang layak pakai. Pada tahun 1791, Benjamin Thompson dianugerahi gelar Count of the Holy Roman Empire. Di samping mengurus masalah politik dan militer, Thompson juga aktif meneliti berbagai hal, terutama bidang Fisika. Sekitar tahun 1795, Benjamin Thompson meneliti tentang gaya pada bubuk mesiu dan membangun sistem sinyal kelautan yang baru bagi tentara Inggris. Kontribusinya yang terbesar pada dunia Fisika adalah pemikirannya tentang teori kalor. Pada akhir abad ke-18, teori kalor yang dipercaya adalah bahwa kalor merupakan fluida yang dapat mengalir ke dalam tubuh ketika dipanaskan dan mengalir keluar ketika didinginkan. Saat meneliti tentang bubuk mesiu, Benjamin Thompson menemukan adanya penyimpangan atau anomali yang tidak dapat dijelaskan dengan teori kalor. Di dalam laporannya kepada Royal Society yang berjudul "An Experimental Enquiry concerning the Source of Heat excited by Friction" (1798), Benjamin Thompson mengajukan suatu teori baru yang menyatakan bahwa kerja mekanis akan menghasilkan kalor dan kalor tersebut merupakan suatu bentuk gerak. Teori tersebut berhasil memberikan penjelasan mengapa panas yang dihasilkan dari gesekan peluru meriam (bubuk mesiu) tidak akan pernah habis. Peristiwa itu tak dapat dijelaskan dengan teori kalor terdahulu. Di dalam laporan tersebut terdapat perhitungan jumlah kuantitas kalor yang diproduksi oleh energi mekanis. Teori yang dikemukakan Thompson bertentangan dengan teori kalor yang terdahulu dan banyak orang pada saat itu yang tidak yakin dengan Thompson hingga James Maxwell mengemukakan teori kinetik kalor pada tahun 1871. Penemuan-penemuan Thompson lainnya adalah kompor, oven, ketel ganda, dan pakaian penahan panas, serta mengembangkan cerobong asap dan tungku perapian yang ada. Pada tahun 1804, Thompson menetap di Paris dan menikah dengan Madame Lavoisier, janda seorang ahli kimia Perancis, Antoine Lavoisier. Pernikahan tersebut hanya bertahan beberapa tahun dan pada 1807 Benjamin Thompson pensiun



dan menetap di desa Auteuil dekat Paris. Thompson menjadi anggota Institusi Nasional Perancis sebagai dan secara rutin berkontribusi dalam berbagai pertemuan dan debat ilmu pengetahuan. Penghargaan yang pernah diraihinya adalah Copley Medal. Setelah perceraianya, Thompson dirawat oleh anak perempuannya hingga pada tanggal 21 Agustus 1814, Benjamin Thompson meninggal di Auteuil, Paris pada usia 61 tahun. Dibangun Monumen Benjamin Thompson di English Garden.

## 2. Jacobus Henricus van 't Hoff

Jacobus Henricus van 't Hoff adalah kimiawan fisika dan organik Belanda dan pemenang Penghargaan Nobel dalam Kimia pada 1901. Penelitiannya pada kinetika kimia, kesetimbangan kimia, tekanan osmotik dan kristalografi diakui sebagai hasil karya utamanya. Jacobus juga mendirikan bidang ilmu kimia fisika, ia juga dianggap sebagai salah satu kimiawan terbesar sepanjang masa bersama kimiawan Perancis Antoine Lavoisier, Louis Pasteur dan ahli kimia Jerman Friedrich Wöhler. Ia lahir di Rotterdam, Belanda 30 Agustus 1852, anak ke-3 dari 7 bersaudara Jacobus Henricus van 't Hoff, seorang dokter dan Alida Jacoba Kolff. Pada 1869 memasuki Universitas Teknologi Delft dan menerima gelar diploma dalam teknologi pada 1871. Setelah menghabiskan masa setahun di Leiden, terutama untuk matematika, ia pindah ke Bonn untuk bekerja dengan Kekule von Stradonitz 1872 - 1873; lalu dilanjutkan di Paris dengan C.A. Wurtz, saat ia menempuh sebagian besar kurikulum antara 1873-1874. Ia kembali ke Belanda pada 1874 mendapat gelar doktor bersama E. Mulder di Utrecht. Pada 1876 ia menjadi dosen di Fakultas Kedokteran Hewan di Utrecht dan meninggalkan kedudukan ini untuk jabatan yang sama di Universitas Amsterdam tahun berikutnya. Pada 1878 menjadi Guru Besar Kimia, Mineralogi, dan Geologi. Setelah menjabat selama 18 tahun ia menerima undangan ke Berlin sebagai Profesor Kehormatan dan keanggotaan di Akademi Ilmu Pengetahuan Kerajaan Prusia. Alasan perubahan ini ialah karena ia terlalu dibebani dengan kewajiban memberi kuliah dasar dan menguji banyak mahasiswa, termasuk juga propaedeutika medis malah, membuat waktu untuk risetnya jadi berkurang. Ia adalah penasihat yang rajin untuk pembentukan pembagian khusus pekerja ilmiah. Ia tetap dalam kedudukan ini hingga akhir hayatnya. Pada 1878 ia menikahi Johanna Francina Mees. Mereka memiliki 2 putri, Johanna Francina (l. 1880) dan Aleida Jacoba (l. 1882) dan 2 putra, Jacobus Hendricus (l. 1883) dan Govert Jacob (l. 1889). Van 't Hoff terkenal karena terbitannya membuka zaman baru. Tesis kedoktorannya (1874) berjudul *Bijdrage tot de Kennis van Cyaanazijnzuren en Malonzuur* (Sumbangan pada Pengetahuan Asam Sianoasetat dan Malonat). Beberapa bulan sebelumnya ia telah menerbitkan *Voorstel tot Uitbreiding der Tegenwoordige in de Scheikunde gebruikte Structuurformules in de Ruimte* (Usulan untuk Pengembangan Rumus Struktur Kimia Tiga Dimensi). Selebaran kecil ini, terdiri atas 12 halaman teks dan 1 halaman diagram mendorong perkembangan stereokimia. Konsep "atom karbon asimetris", yang berhubungan dengan naskah ini mendukung penjelasan pembentukan sejumlah isomer yang tak bisa dijelaskan rumus struktur saat itu. Ia menekankan perhatian pada hubungan aktivitas optik dan kehadiran atom karbon asimetris. Gagasan revolusionernya ini baru diakui setelah karyanya pada 1875 *Chimie dans l'Espace-nya* (Kimia dalam Ruang) terbit setelah terjemahan Jermannya muncul, dengan pasal pendahuluan dari J. Wislicenus. Melalui *Dix Années dans l'Histoire d'une Théorie* (Sepuluh Tahun perjalanan

Sejarah Sebuah Teori) ia dihargai walau di saat yang sama Joseph Le Bel telah mengemukakan gagasan ini, meski dalam bentuk yang lebih abstrak. Pada 1884, sejak terbitnya *Études de Dynamique chimique* (Kajian mengenai Dinamika Kimia), ia memasuki bidang kimia fisika untuk pertama kali. Sumbangan besarnya ialah mengenai pengembangan hukum termodinamika umum pada hubungan antara perubahan tekanan dan pemindahan kesetimbangan sebagai akibat variasi suhu. Pada volume tetap kesetimbangan dalam sebuah sistem akan cenderung berubah dalam arah untuk melawan perubahan suhu yang ditentukan pada sistem ini. Penurunan suhu menyebabkan lepasnya panas dan menaikkan suhu menyebabkan penyerapan panas. Asas kesetimbangan bergerak ini digeneralisasi 1885 oleh Henri Louis Le Chatelier yang memperluas dengan perubahan volume untuk perubahan tekanan yang dipaksakan; ini dikenal sebagai asas van 't Hoff-Le Chatelier. Di tahun 1885 *L'Équilibre chimique dans les Systèmes gazeux ou dissous à l'État dilué* (Kesetimbangan Kimia dalam Sistem Gas atau Larutan yang Ditambah Air). Di sinilah ia menunjukkan bahwa "tekanan osmotik" dalam larutan yang dicairkan secukupnya sebanding terhadap konsentrasi dan temperatur penuh agar tekanan ini bisa diwakili dengan rumus yang hanya menyimpang dari rumus tersebut untuk tekanan gas yang dilambangkan dengan  $i$ . Ia menentukan nilai  $i$  dengan sejumlah cara, sebagai contoh dengan menggunakan tekanan uap dan hukum Raoult pada penurunan titik beku. Demikian van 't Hoff bisa membuktikan bahwa hukum termodinamika tak hanya sah buat gas, namun juga buat larutan cair. Hukum tekanannya, yang diberikan keabsahan umum oleh teori disosiasi elektrolisis Arrhenius (1884-1887). Orang asing pertama yang datang untuk bekerja dengannya di Amsterdam (1888) – dianggap sebagai yang terlengkap dan terpenting dalam bidang Ilmu Pengetahuan Alam. Pada saat di Berlin 1896 - 1905 ia sibuk pada masalah asal endapan samudera, dengan rujukan khusus yang dibentuk di Stassfurt. Pada kerja yang lebih luas ia dibantu khususnya oleh W. Meyerhoffer, yang sebelumnya telah bekerja dengannya di Amsterdam. Kemungkinan ialah orang pertama yang menerapkan hasil skala kecil di laboratorium, pada fenomena yang terjadi pada skala besar di alam. Hasil penyelidikan ini kebanyakan diterbitkan di Laporan Akademi Ilmiah Kerajaan Prusia, diringkaskan dalam karya 2 jilid *Zur Bildung ozeanischer Salzablagerungen*, 1905-1909. van 't Hoff amat menghargai kekuatan imajinasi dalam kerja ilmiah, sebagaimana nyata dalam pidato pelantikannya pada pengambilan jabatan profesornya di Amsterdam: *Verbeeldingskracht in de Wetenschap* (Kekuatan Imajinasi dalam Sains), ia tiba pada kesimpulan bahwa para ilmuwan yang menonjol telah memiliki kualitas tingkat tinggi ini. Wilhelm Ostwald, membuat *Zeitschrift für physikalische Chemie* dengannya di Leipzig, bisa dianggap sebagai pendiri kimia fisika. Hadiah Nobel Kimia (1901) titik kulminasi karirnya. Pada 1885 diangkat sebagai anggota Akademi Ilmiah Kerajaan Belanda, setelah nominasinya tak dimasukkan pada 1880. Di antara medalnya yang lain ialah gelar doktor kehormatan dari Harvard dan Yale (1901), Universitas Victoria Manchester (1903), Heidelberg (1908); Medali Davy dari Royal Society (1893), Medali Helmholtz dari Akademi Ilmiah Kerajaan Prusia (1911); ia juga diangkat sebagai Chevalier de la Legion d'Honneur (1894), Senator der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (1911). Ia juga anggota kehormatan Chemical Society, London (1898), Akademi Ilmiah Kerajaan, Göttingen (1892), American Chemical Society (1898), Académie des Sciences, Paris (1905). Van 't Hoff pecinta alam, sebagai mahasiswa di Leiden ia sering ikut dalam perjalanan botanis dan kemudian di Bonn ia benar-benar

menikmati pegunungan di sekitarnya, berjalan panjang sendiri atau bersama-sama. Deskripsi perjalanannya ke AS, berasal dari undangan ceramah ke Universitas Chicago, menunjukkan cintanya pada perjalanan. Penerimaannya pada filsafat dan kegemarannya pada puisi juga nyata pada awal-awal ia bersekolah di Lord Byron ialah pujaannya. van 't Hoff meninggal di Steglitz dekat Berlin pada 1 Maret 1911.

### 3. Rudolf Julius Emanuel Clausius

Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822-1888) adalah ahli fisika matematik Jerman, penemu Hukum Termodinamika II, penemu entropi, penemu teori elektrolisis, doktor, guru besar, dan pengarang. Ia lahir di Koslin, Prusia, sekarang di Koszalin, Polandia, pada tanggal 2 Januari 1822 dan meninggal di Bonn tanggal 24 Agustus 1888, sekarang di Jerman pada umur 66 tahun. Ia kuliah di Universitas Berlin dan mendapat doktor dari Halle pada tahun 1848 ketika berumur 26 tahun. Dua tahun kemudian (1850) ia diangkat menjadi guru besar fisika di sekolah mesin dan artileri di Berlin, pada tahun 1867 ia jadi guru bedah fisika di Universitas Wurzburg sampai tahun 1869. Kemudian ia mengajar di Universitas Bonn. Clausius adalah ahli fisika teori atau fisika murni. Ia tidak mengadakan eksperimen. Ia menerapkan matematika untuk membuat teori yang dapat menjelaskan. Hasil pengamatan dan eksperimen orang lain. Pada tahun 1850 ia membuat karya tulis yang mengungkapkan penemuannya, ialah hukum termodinamika II dan entropi termodinamika adalah cabang fisika yang mempelajari energi dan semua bentuk perubahannya terutama mengenai hubungan panas dan kerja. Hukum termodinamika II berbunyi "Panas tidak dapat dengan sendirinya berpindah dari badan yang lebih dingin ke badan yang lebih panas". Di alam semesta terjadi secara terus-menerus perpindahan panas atau energi dari badan angkasa yang panas ke badan angkasa yang dingin. Maka berabad-abad kemudian semua panas atau energi akan terbagi merata keseluruh bagian alam semesta. Keadaan seimbang ini disebut entropi. Ini berarti dunia kiamat, karena semua gerak dan kehidupan berhenti. Clausius juga mengemukakan teori elektrolisis atau elektrolisa, ialah penguraian zat cair dengan aliran listrik searah. Para ilmuwan sebelumnya berpendapat bahwa dalam elektrolisis, air terurai menjadi hidrogen dan oksigen karena gaya listrik. Tapi Clausius berpendapat bahwa atom-atom molekul selalu bertukar. Gaya listrik hanya mengarahkan pertukaran itu.

## E. Hubungan Termodinamika Dengan Mekanika Statistik

Termodinamika berhubungan dekat dengan mekanika statistik di mana banyak hubungan termodinamika berasal. Hukum kedua termodinamika dalam konsep entropi mengatakan, "Sebuah proses alami yang bermula di dalam satu keadaan kesetimbangan dan berakhir di dalam satu keadaan kesetimbangan lain akan bergerak di dalam arah yang menyebabkan entropi dari sistem dan lingkungannya semakin besar". Jika entropi diasosiasikan dengan kekacauan maka pernyataan hukum kedua termodinamika di dalam proses-proses alami cenderung bertambah ekuivalen dengan menyatakan, kekacauan dari sistem dan lingkungan cenderung semakin besar. Di dalam ekspansi bebas, molekul-molekul gas yang menempati keseluruhan ruang kotak adalah lebih kacau dibandingkan bila molekul-molekul gas tersebut menempati setengah ruang kotak. Jika dua benda yang memiliki temperatur berbeda  $T_1$  dan  $T_2$  berinteraksi, sehingga mencapai temperatur yang serba sama  $T$ , maka dapat dikatakan bahwa sistem tersebut menjadi lebih kacau,

dalam arti, pernyataan "semua molekul dalam sistem tersebut bersesuaian dengan temperatur T adalah lebih lemah bila dibandingkan dengan pernyataan semua molekul di dalam benda A bersesuaian dengan temperatur T1 dan benda B bersesuaian dengan temperatur T2". Di dalam mekanika statistik, hubungan antara entropi dan parameter kekacauan adalah,

$$\text{pers.(1): } S = k \log w$$

dimana k adalah konstanta Boltzmann, S adalah entropi sistem, w adalah parameter kekacauan, yakni kemungkinan beradanya sistem tersebut relatif terhadap semua keadaan yang mungkin ditempati.

Jika ditinjau perubahan entropi suatu gas ideal di dalam ekspansi isothermal, dimana banyaknya molekul dan temperatur tak berubah sedangkan volumenya semakin besar, maka kemungkinan sebuah molekul dapat ditemukan dalam suatu daerah bervolume V adalah sebanding dengan V; yakni semakin besar V maka semakin besar pula peluang untuk menemukan molekul tersebut di dalam V. Kemungkinan untuk menemukan sebuah molekul tunggal di dalam V adalah,

$$\text{pers. (2): } w_1 = c V$$

dimana c adalah konstanta. Kemungkinan menemukan N molekul secara serempak di dalam volume V adalah hasil kali lipat N dari w. Yakni, kemungkinan dari sebuah keadaan yang terdiri dari N molekul berada di dalam volume V adalah,

$$\text{pers.(3): } w = w_1^N = (cV)^N.$$

Jika persamaan (3) disubstitusikan ke (1), maka perbedaan entropi gas ideal dalam proses ekspansi isothermal dimana temperatur dan banyaknya molekul tak berubah, adalah bernilai positif. Ini berarti entropi gas ideal dalam proses ekspansi isothermal tersebut bertambah besar. Definisi statistik mengenai entropi, yakni persamaan (1), menghubungkan gambaran termodinamika dan gambaran mekanika statistik yang memungkinkan untuk meletakkan hukum kedua termodinamika pada landasan statistik. Arah dimana proses alami akan terjadi menuju entropi yang lebih tinggi ditentukan oleh hukum kemungkinan, yakni menuju sebuah keadaan yang lebih mungkin. Dalam hal ini, keadaan kesetimbangan adalah keadaan dimana entropi maksimum secara termodinamika dan keadaan yang paling mungkin secara statistik. Akan tetapi fluktuasi, misal gerak Brown, dapat terjadi di sekitar distribusi kesetimbangan. Dari sudut pandang ini, tidaklah mutlak bahwa entropi akan semakin besar di dalam tiap-tiap proses spontan. Entropi kadang-kadang dapat berkurang. Jika cukup lama ditunggu, keadaan yang paling tidak mungkin sekali pun dapat terjadi: air di dalam kolam tiba-tiba membeku pada suatu hari musim panas yang panas atau suatu vakum setempat terjadi secara tiba-tiba dalam suatu ruangan. Hukum kedua termodinamika memperlihatkan arah peristiwa-peristiwa yang paling mungkin, bukan hanya peristiwa-peristiwa yang mungkin.

## D. Kesimpulan

1. Termodinamika (bahasa Yunani: *thermos* = 'panas' and *dynamic* = 'perubahan') adalah fisika energi, panas, kerja, entropi dan kespontanan proses.

2. Terdapat empat Hukum Dasar yang berlaku di dalam sistem termodinamika, yaitu:
  - Hukum Awal (Zeroth Law) Termodinamika
  - Hukum Pertama Termodinamika
  - Hukum kedua Termodinamika
  - Hukum ketiga Termodinamika
3. Orang yang pertama kali melakukannya adalah Aristoteles (350 SM). Dia mengatakan bahwa panas adalah bagian dari materi atau materi tersusun dari panas. Penalaran yang dilakukan oleh Aristoteles diteruskan oleh Galileo Galilei (1593) yang menganggap bahwa panas adalah sesuatu yang dapat diukur dengan penemuannya berupa termometer air. Beberapa abad setelahnya Sir Humphrey Davy dan Count Rumford (1799) menegaskan bahwa panas adalah sesuatu yang mengalir. Pada tahun 1778, Thomas Alfa Edison memperkenalkan mesin uap pertama yang mengkonversi panas menjadi kerja mekanik. Mesin tersebut disempurnakan oleh Sardi Carnot (1824). Pada tahun 1845, James P. Joule menyimpulkan bahwa panas dan kerja adalah dua bentuk energi yang satu sama lain dapat dikonversi. Kesimpulan ini didukung pula oleh Rudolf Clausius, Lord Kelvin (William Thomson), Helmholtz, dan Robert Mayer. Selanjutnya, para ilmuwan ini merumuskan hukum pertama termodinamika (1850). Setahun sebelumnya, Lord Kelvin telah memperkenalkan istilah termodinamika melalui makalahnya: *An Account of Carnot's Theory of the Motive Power of Heat*. Buku pertama tentang termodinamika ditulis oleh William Rankine pada tahun 1859. Pada tahun 1906 Giauque dan W. Nernst merumuskan hukum ketiga termodinamika.

## DAFTAR PUSTAKA

Halliday-Resnick.1990.Fisika. Alih Bahasa Silaban-Sucipto. Erlangga, Jakarta.  
<http://www.fisika-indonesia.co.cc/2010/07/termodinamika.html>  
<http://allinkblog.wordpress.com/2010/01/02/peristiwa-peristiwa-penting-perkembangan-termodinamika/>  
<http://tokoh-ilmuwan-penemu.blogspot.com/2010/02/ilmuwan-kimia-fisika-belanda.html>  
<http://www.mustofaabihamid.blogspot.com>

Mustofa Abi Hamid Physics Education '09 University of Lampung (Unila) Address : BPH Al-Wasi'i Lantai Dasar Masjid Al-Wasi'i Jln. Soemantri Brojonegoro no.13 Gedung Meneng Bandar Lampung Post Code : 35145 HP : 0856.6666.090, 857.6837.3366 , 0897.6126.033 , Ph : (0721) 783044 , e-mail : [abi.sma4@gmail.com](mailto:abi.sma4@gmail.com)  
[abi.unila@yahoo.co.id](mailto:abi.unila@yahoo.co.id), [m.abihamid@students.unila.ac.id](mailto:m.abihamid@students.unila.ac.id),  
[mustofa.abihamid@facebook.com](https://www.facebook.com/mustofa.abihamid)



The world's first **ice-calorimeter**, used in the winter of 1782-83, by [Antoine Lavoisier](#) and [Pierre-Simon Laplace](#), to determine the [heat](#) evolved in various [chemical changes](#); calculations which were based on [Joseph Black](#)'s prior discovery of [latent heat](#).

These experiments mark the foundation of [thermochemistry](#).