FisStat

**UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta**

**Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

**Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

* + 1. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
    2. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
    3. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
    4. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Fisika Statistik

Mohammad Malik Hidayatulloh



**JUDUL**

**Nama Penulis**

Desain Cover :

**Nama**

Sumber :

Link

Tata Letak :

**Nama**

Proofreader :

**Nama**

Ukuran :

**Jml hal judul, Jml hal isi naskah, Uk: 15.5x23 cm**

ISBN :

**No ISBN**

Cetakan Pertama :

**Bulan** **2019**

Hak Cipta 2019, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

**Copyright © 2019 by Deepublish Publisher**

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau

memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini

tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT DEEPUBLISH**

**(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman

Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

* + ***Memahamkan anak tentang simbol-simbol jalur evakuasi***

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

Telf. : (0274)895042, 086440 : Fax. : (0274)895330

Email : [dekanat@ftsp.uii.ac.id](mailto:dekanat@ftsp.uii.ac.id)

Homepage : www.uii.ac.id

*Buku Siap Siaga Bencana di Lingkungan SekitarPintar*

*Buku Siap Siaga Bencana di Lingkungan SekitarPintar*

*Buku Siap Siaga Bencana di Lingkungan SekitarPintar*

*Buku Siap Siaga Bencana di Lingkungan SekitarPintar*



*Buku Siap Siaga Bencana di Lingkungan SekitarPintar*

KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMAKASIH

Isi kata pengantar pada paragraph pertama disini (jenis font bisa disesuaikan menurut keinginan anda)

Pada paragraph selanjutnya sebenarnya anda tinggal tekan enter saja agar format pada paragraph selanjutnya sama dengan paragraph pertama

Penulis / Nama

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMAKASIH v

DAFTAR ISI vii

BAB I JUDUL BAB 1

BAB II JUDUL BAB KEDUA 3

BAB I PENDAHULUAN

# Ruang Lingkup Fisika Statistik

Ada banyak kasus dalam studi fisika di mana perlakuan yang tepat dari sifat-sifat sistem fisik yang diberikan menjadi tidak praktis karena banyaknya komponen yang terlibat. Sebagai contoh kasus, perhatikan perilaku molekul dalam gas. Pada suhu dan tekanan standar satu sentimeter kubik gas akan mengandung sekitar 2x1019 molekul. Secara teoritis mungkin untuk menuliskan semua persamaan klasik gerak molekul-molekul ini asalkan posisi dan kecepatannya pada suatu saat tertentu, dan faktor-faktor yang menentukan energinya diketahui. Akan tetapi, persamaan-persamaan ini dan perhitungan gerak berikutnya dari molekul-molekul gas tidak akan sangat bermanfaat bahkan jika persamaan-persamaan itu dapat ditafsirkan dari volume kertas yang akan ditempati mereka.

Karena itu, tujuan fisika statistika adalah untuk memungkinkan sifat-sifat makroskopik gas semacam itu dijelaskan dalam bentuk sifat-sifat mikroskopis molekul-molekul tanpa melibatkan perhitungan rinci gerakan molekul-molekul individu. mikroskopis artinya skala kecil. atau skala atom, sebagai lawan dari skala makroskopik atau besar dan tidak menyiratkan hubungan apa pun dengan mikroskop ·optik atau elektron. Dalam setiap pengukuran eksperimental yang dapat dilakukan pada gas, hasil yang diperoleh secara umum akan menjadi nilai rata-rata sifat mekanik atau termodinamika gas seperti tekanan atau suhu. (Rata-rata dalam kasus ini akan melibatkan kelancaran fluktuasi selama periode pengukuran dan di berbagai wilayah gas.) Pengukuran paling rinci yang mungkin dilakukan pada molekul gas, dalam praktiknya, adalah satu yang akan melibatkan distribusi kecepatan molekul pada rentang nilai dari nol hingga tak terhingga. Oleh karena itu, baik dari pertimbangan teoretis maupun eksperimental bahwa setiap studi yang berguna tentang perilaku gas harus dilakukan dengan bantuan metode statistik.

Siswa sudah akan berkenalan dengan satu kemungkinan pengobatan sifat rata-rata gas melalui penerapan termodinamika klasik. Namun, sifat umum dari hukum pertama dan kedua termodinamika membatasi informasi yang dapat diperoleh dari penerapannya. Dengan demikian akan terlihat perlu untuk membuat gas menjadi analisis statistik yang lebih rinci jika informasi lebih lanjut tentang sifat gas, dan tentang sifat termodinamika secara umum, diperlukan. Pertimbangan-pertimbangan yang telah diterapkan dalam pembahasan di atas untuk kasus gas juga akan berlaku dalam berbagai kasus lainnya. Contoh nyata adalah 'gas' foton yang ada dalam radiasi elektromagnetik di dalam selungkup suhu konstan, 'gas' elektron di dalam konduktor logam dan juga atom yang bergetar dalam kisi kristal karena, dalam setiap kasus, ada jumlah komponen individu yang harus dipertimbangkan. Akan terlihat bahwa, karena jumlah komponen yang besar ini, perhitungan statistik sifat-sifat sistem akan memberikan nilai yang sangat dekat dengan nilai yang diperoleh secara eksperimental. Juga akan terlihat bahwa, meskipun sejumlah besar komponen yang terlibat tidak dapat diperlakukan dengan tepat, kompleksitas ini menyebabkan keteraturan penting dalam sifat termodinamika, misalnya suhu dan entropi sistem.

Karena sifat makroskopik yang diprediksi oleh penerapan fisika statistik sering kali melibatkan besaran termodinamika ini, seluruh subjek sering disebut sebagai termodinamika statistik. Namun, untuk tujuan pekerjaan ini, istilah termodinamika statistik akan digunakan untuk kasus-kasus di mana sifat termodinamika makroskopik secara khusus dipertimbangkan. Untuk memperoleh hasil statistik untuk sifat mekanik dan termodinamika sistem yang dipertimbangkan, tentu saja, perlu untuk memperkenalkan asumsi tertentu sebagai dasar teori. Namun, sementara asumsi dapat disajikan sebagai masuk akal dan mendasar, siswa harus menyadari bahwa satu-satunya pembenaran yang tepat terletak pada kesepakatan yang ada antara prediksi teoretis yang dihasilkan dan eksperimen. Akhirnya, dicatat bahwa, selain memprediksi sifat kesetimbangan suatu benda yang terdiri dari sejumlah besar komponen, perlakuan statistik juga memungkinkan untuk memberikan wawasan tentang kinetika, yaitu laju perubahan sifat, sebagai benda perubahan dari satu keadaan ke keadaan lain. Subjek yang terakhir ini, meskipun penting, masih dalam proses pengembangan dan berada di luar cakupan karya ini.

## Deskripsi assembli-ruang fase

Benda-benda yang dapat diperlakukan dengan metode fisika statistik umumnya akan terdiri dari sejumlah besar komponen independen, atau hampir independen. Dalam banyak kasus komponen ini akan menjadi partikel individu seperti elektron atau foton atau, dalam kasus gas, atom atau molekul individu. Namun, dalam beberapa kasus, komponen mungkin merupakan sistem yang cukup kompleks dan, seperti yang akan terlihat, berguna untuk aplikasi tertentu untuk mempertimbangkan assembli partikel yang lengkap sebagai diri mereka sendiri yang membentuk komponen benda fisik yang lebih besar.

Agar diskusi yang diberikan di sini seumum mungkin, dan juga mengikuti penggunaan umum dalam subjek ini, komponen individu dari benda fisik apa pun akan .disebut sebagai sistem·. Benda fisik yang bersangkutan kemudian akan dianggap sebagai kumpulan sistem ini, yang mungkin sendiri kompleks.

Dalam bab pendahuluan hanya assembli yang terdiri dari tanpa struktur (yaitu partikel tunggal), sistem yang tidak berinteraksi akan dipertimbangkan sedangkan kasus yang lebih umum dari sistem yang memiliki struktur internal dan yang dapat berinteraksi dengan sistem lain akan dibahas dalam bab-bab selanjutnya.

Keadaan assembli pada waktu tertentu dapat ditentukan dengan menentukan posisi dan momentum atau kecepatan masing-masing sistem komponen. (Nanti akan terlihat bahwa, secara matematis, definisi momentum adalah yang paling sesuai.) Posisi dan momentum dapat ditentukan dalam koordinat kartesius dengan mengambil posisi sebagai (*x, y, z*) dalam ruang Euclidean sementara komponen momentum (*px, py, pz*) yang sesuai menentukan 'posisi' sistem dalam ruang momentum. Keadaan sistem dengan demikian secara tepat ditentukan oleh enam koordinat (*x, y, z*) dan (*px, py, pz*) oleh karena itu, nyaman untuk menganggap sistem bergerak dalam ruang enam dimensi yang disebut ruang fase atau ruang-Γ. Jika posisi sistem ditentukan· oleh koordinat polar bola (r, θ, φ) maka yang sesuai. atau konjugat, komponen momentum adalah (*pr, pθ, pφ*) di mana dan *m* adalah massa sistem. Ruang fase yang sesuai atau ruang-r kemudian didefinisikan oleh enam koordinat (r, θ, φ, *pr, pθ, pφ*)

Karena lebih mudah untuk mendefinisikan elemen volume dalam ruang Euclidean sehingga sistem dengan koordinat dalam rentang *x* hingga *x +* d*x*, *y* hingga *y+*d*y* dan *z* hingga *z+*d*z* terletak di dalam volume

juga mudah untuk mendefinisikan elemen volume dalam ruang fase sehingga sistem dengan posisi dan momentumnya berkoordinasi dalam rentang *x* hingga *x +* d*x*, *y* hingga *y+*d*y* dan *z* hingga *z+*d*z*, *px* hingga *px+*d*px*, *py* hingga *py+*d*py*, *pz* hingga *pz+*d*pz*, terletak di dalam volume

Energi kinetik suatu sistem yang koordinatnya terletak di dalam volume ini adalah

dimana m adalah massa dari sistem dan kecepatannya diasumsikan non-relativistic. Karena keadaan sistem tunggal didefinisikan dalam enam koordinat, maka dimungkinkan untuk menentukan keadaan assembli sistem N dalam koordinat 6N koordinat posisi 3N dan koordinat momentum 3N. Terkadang nyaman untuk mengizinkan koordinat 6N ini untuk mendefinisikan secara matematis ruang fase dimensi 6N sebuah ruang . Koordinat dari sistem *i* mungkin dituliskan sebagai dan koordinat assembli kemudian dibuat dari semua set tersebut dengan akhiran *i* berjalan dari 1 sampai N. Jika koordinat diambil berada di kisaran hingga , hingga dan seterusnya untuk masing-masing koordinat 6N maka 'titik' yang mewakili himpunan di ryang akan berada di dalam elemen volume

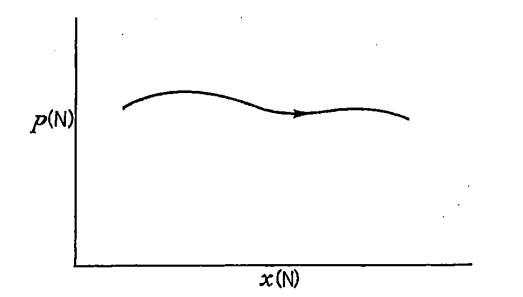
dimana adalah elemen volume ruang fase enam dimensi untuk sistem ke-*i*.

Energi kinetik sebuah assembli yang memiliki koordinat dalam volume akan diberikan oleh

Akan terlihat dalam diskusi selanjutnya bahwa definisi keadaan suatu assembli yang agak kurang rinci daripada yang diberikan di atas dapat menghasilkan hasil statistik yang berguna. Namun, bahkan dalam representasi yang kurang rinci ini, akan berguna untuk menyatakan hasil dalam bentuk koordinat ruang fase.

## Sifat rata-rata dari sebuah assembli

Pertimbangkan assembli sistem N yang memiliki energi total E dan terkandung dalam ·volume V. Karena keadaan assembli ditentukan oleh nilai koordinat 6N, cara keadaan assembli berubah dengan waktu akan dijelaskan oleh gerakan titik yang mewakili koordinat 6N ini di ruang . Meskipun ilustrasi gerakan seperti itu hanya dapat diberikan dalam dua dimensi, upaya dilakukan pada Gambar 1 untuk menunjukkan keadaan perubahan assembli. Dalam gambar ini p(N) diambil untuk mewakili koordinat momentum dan x(N) untuk mewakili koordinat posisi.



Gambar 1 Gerak sebuah titik dalam ruang 6N, tanda panah menunjukkan kenaikan terhadap waktu

Jika sifat-sifat suatu rakitan diketahui sebagai fungsi dari posisi x(N), p(N) di ruang (yaitu dari 6N koordinat sistem) maka sifat rata-rata assembli akan ditemukan dengan merata-ratakan fungsi yang diketahui pada semua posisi yang diizinkan x(N), p(N). Referensi di sini dibuat untuk posisi yang diperbolehkan karena, bahkan jika tidak ada batasan lain, semua koordinat spasial x(N) tentu akan sesuai dengan sistem di dalam volume V assembli dan koordinat momentum harus memenuhi persamaan 1.4 untuk energi total dari assembli.

Pertimbangkan beberapa sifat X dari suatu assembli yang dapat ditulis sebagai fungsi dari koordinat 6N, yaitu sebagai X(x(N), p(N)). Jika peluang titik yang menyatakan himpunan terletak pada elemen volume di (x(N), p(N)) adalah P(x(N), p(N)) maka rata-rata sifat ini, , akan diberikan oleh nilai statistik normal

atau, jika probabilitas total belum dinormalisasi menjadi kesatuan di seluruh ruang

Rata-rata ini juga dapat diambil sebagai penjumlahan atas semua keadaan assembli. Jika sifat memiliki nilai ketika assembli dalam keadaan *Xi* dan probabilitas bahwa assembli dalam keadaan *i* adalah *Pi*, maka nilai rata-rata *X* adalah

atau, jika probabilitas dinormalisasi sehingga

di mana penjumlahannya mencakup semua keadaan yang mungkin. Akan terlihat dalam bab-bab berikut, dan dalam Lampiran 3, bahwa fungsi probabilitas *P(x(N), p(N))* mungkin memiliki bentuk yang berbeda untuk tipe assembli yang berbeda. Juga akan terlihat lebih dari satu metode untuk menentukan bentuk fungsi probabilitas ini.

Assembli klasik dan. kuantum

Dari sudut pandang fisika statistik, hasil yang diperoleh untuk sifat-sifat assembli akan bergantung pada apakah sistem komponen dianggap mematuhi mekanika klasik atau kuantum. Perbedaan hasil akan timbul dari perbedaan mendasar dalam asumsi yang dibuat mengenai perilaku berbagai jenis sistem.

Jika sistem dalam suatu assembli mematuhi mekanika klasik, maka pembatasan akan dikenakan pada energi sistem hanya jika ada energi total yang pasti untuk assembli tersebut. Juga masing-masing sistem klasik ini akan sepenuhnya dapat dibedakan dari setiap sistem lain dalam assembli bahkan jika semua sistem termasuk dalam spesies partikel yang sama.

Jika, di sisi lain, sistem dalam assembli mematuhi mekanika kuantum, hanya akan ada tingkat energi diskrit tertentu yang tersedia untuk sistem daripada kontinum energi yang tersedia untuk sistem klasik. Jadi, misalnya, dalam kasus osilator harmonik sederhana, satu-satunya nilai energi yang dapat diambil oleh osilator diberikan oleh (*n+½*)*hυ* di mana *n* adalah bilangan bulat, *h* adalah konstanta Planck dan υ adalah frekuensi osilator. Juga, kecuali mereka dianggap terlokalisasi dalam ruang seperti dalam kasus atom di situs tertentu dalam kisi kristal, dua sistem mekanika kuantum identik harus dianggap benar-benar tidak dapat dibedakan.

Ada dua jenis sistem mekanika kuantum. Jika suatu sistem memiliki momentum sudut yang setengah integral dalam satuan *h/2π* atau, yang ekivalen, memiliki fungsi gelombang antisimetris, maka sistem tersebut akan mematuhi prinsip pengecualian Pauli. Sistem seperti itu (misalnya elektron atau proton) dikenal sebagai fermion dan akan dibatasi dalam pendudukannya pada keadaan energi di mana tidak ada keadaan tunggal yang dapat ditempati oleh lebih dari satu sistem tersebut. Di sisi lain, sistem yang memiliki nilai integral dari momentum sudut, dan karenanya fungsi gelombang asimetris, tidak akan mematuhi prinsip pengecualian Pauli. Jenis sistem ini (misalnya foton atau partikel alfa) dikenal sebagai boson dan tidak ada batasan jumlah sistem yang dapat menempati keadaan energi tertentu.

Karena perbedaan sifat dasar dari dua jenis sistem mekanika kuantum, fermion dan boson, maka bentuk statistik kuantum yang berlaku untuk assembli mekanika kuantum tertentu akan tergantung pada sifat khusus dari sistem komponen .

Sementara diskusi di atas menunjukkan bahwa akan ada tiga jenis statistik, satu klasik dan dua mekanika kuantum, dalam praktiknya kasus klasik hanya akan ada sebagai pendekatan untuk salah satu dari dua kasus kuantum karena semua sistem akan secara ketat mematuhi mekanika kuantum. Namun, ada banyak kasus di mana statistik klasik akan memberikan deskripsi yang baik tentang assembli yang sedang dipertimbangkan, terutama di mana sistem dilokalisasi dalam ruang, dan karena itu nyaman untuk memulai studi fisika statistik dengan mempertimbangkan sifat-sifat assembli klasik.