

MEKANIKA STATISTIK

ugmpress.ugm.ac.id

ugmpress.ugm.ac.id

MEKANIKA STATISTIK

Mirza Satriawan

ugmpress.ugm.ac.id



Gadjah Mada University Press

MEKANIKA STATISTIK

Penulis:

Mirza Satriawan

Proofreader akhir:

Nanik

Desain sampul:

Pram's

Tata letak isi:

Mirza Satriawan

Adha Razak

Penerbit:

Gajah Mada University Press

Anggota IKAPI

Ukuran: 15,5 X 23 cm; 212 hlm

ISBN: 978-602-386-217-7

1611250-B2E

Redaksi:

Jl. Grafika No. 1, Bulaksumur

Yogyakarta, 55281

Telp./Fax.: (0274) 561037

ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

Cetakan pertama: Maret 2019

2797.002.19

Hak Penerbitan ©2019 Gajah Mada University Press

Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun, baik cetak, photoprint, microfilm, dan sebagainya.

Kata Pengantar

Buku ini kami susun dari pengalaman ketika mengajar kuliah Fisika Statistik di tingkat Sarjana Fisika, dan kuliah Mekanika Statistik di tingkat Magister Fisika, di Universitas Gadjah Mada. Walaupun begitu buku ini tidak disusun mengikuti urutan penyajian dalam suatu perkuliahan tingkat tertentu, tetapi kami upayakan agar urutan penyajiannya mengikuti urutan pemahaman menurut persepsi kami.

Di awal buku ini, di bab 1, kami tuliskan tentang dasar pemikiran yang melandasi ilmu Mekanika Statistik, agar pembaca dapat memahami posisi Mekanika Statistik dalam peta pemahaman keilmuan Ilmu Fisika secara keseluruhan. Setelah itu, kami sertakan dalam bab 2, ringkasan Konsep-konsep Termodinamika, agar pembaca tidak perlu lagi membuka buku-buku Termodinamika untuk mengikuti alur pembahasan di buku ini. Seandainya buku ini dipakai dalam perkuliahan tingkat sarjana ataupun tingkat magister, maka tidak keseluruhan isi buku ini harus diajarkan. Penggunaan untuk kuliah tingkat sarjana dapat menitikberatkan pada bagian Mekanika Statistik

Klasik, dari bab 3, mengenai konsep ruang fase sampai bab 6, mengenai aplikasi teori ensambel. Sedangkan bagian kuantum statistik, dari bab 7 sampai bab 9, cukup pada tingkat pengenalan saja dengan langsung disampaikan hasil-hasil ensambel makro kanonik untuk statistika Bose-Einstein dan Fermi-Dirac. Penggunaan untuk kuliah tingkat Magister harus meliputi bagian Mekanika Statistik Klasik dan bagian Statistika Kuantum secara mendalam, dengan mengambil bagian-bagian yang dipandang penting pada bab Simetri Vektor Keadaan. Pembahasan yang cukup mendalam pada bab 8, mengenai Simetri Vektor Keadaan diperuntukkan bagi pihak yang tertarik untuk memulai riset dalam Mekanika Statistik yang lebih umum.

Akhir kata, semoga buku ini dapat menambah pemahaman anda mengenai mekanika statistik.

Yogyakarta, Januari 2019

Mirza Satriawan

Daftar Isi

	Kata Pengantar	5
	Daftar Isi	10
1	Dasar Pemikiran	11
2	Konsep-Konsep Termodinamika	19
2.1	Deskripsi Sistem Termodinamika	19
2.2	Keseimbangan Termodinamika	21
2.2.1	Keseimbangan Termal	22
2.2.2	Keseimbangan Mekanik	23
2.2.3	Keseimbangan Jumlah Partikel	24
2.2.4	Sistem dan Lingkungan	24

2.3	Persamaan Keadaan	26
2.3.1	Persamaan Gas Real	28
2.3.2	Persamaan Keadaan Non-Gas	31
2.3.3	Perubahan Keadaan	31
2.4	Usaha Termodinamika	33
2.5	Panas	34
2.5.1	Teori Kinetika Gas	35
2.5.2	Perpindahan Panas menurut Teori Kinetika Gas	38
2.6	Hukum-Hukum Termodinamika	39
2.7	Potensial Termodinamika	41
3	Ruang Fase	43
3.1	Permukaan Energi di Ruang Fase	43
3.2	Jumlah Keadaan Mikro	48
3.2.1	Contoh Penerapan: Gas Ultrarelativistik	51
3.3	Entropi	53
3.3.1	Contoh Penerapan: Entropi Gas Ultrarelativistik	56
3.4	Entropi Gas Ideal	57
4	Rapat Ruang Fase	63
4.1	Rapat Ruang Fase	63
4.2	Hipotesis Ergodik	66
4.3	Teorema Liouville	67
5	Teori Ensambel	71
5.1	Ensambel Mikrokkanonik	71
5.2	Entropi Sebagai Rerata Ensambel	74
5.3	Ensambel Kanonik	75

5.4	Ensambel Makrokanonik	79
5.5	Ensambel Isobarik	84
5.6	Ensambel yang Tidak Ada	89
6	Aplikasi Teori Ensambel	95
6.1	Teorema Virial dan Ekuipartisi	95
6.2	Faktor Koreksi Gibbs	101
6.3	Sistem Partikel Tak Saling Berinteraksi	103
6.4	Gas Ideal dalam Berbagai Ensambel	105
6.4.1	Gas Ideal dalam Ensambel Kanonik	105
6.4.2	Gas Ideal dalam Ensambel Makrokanonik	107
6.4.3	Gas Ideal dalam Ensambel Isobarik	108
6.5	Hubungan Antara Berbagai Ensambel	110
6.6	Penghitungan Observabel Sebagai Rerata Ensambel	111
6.7	Beberapa Contoh Penerapan	113
6.7.1	N Osilator Harmonis	115
6.7.2	N Osilator Anharmonis	116
6.7.3	Gas Ideal Ultrarelativistik	118
6.7.4	Sistem Gas Bermomen Dipol Listrik	119
6.7.5	Kristal Bermomen Dipol Magnet	120
6.7.6	Partikel Gas Ideal Relativistik	121
6.7.7	Sistem Partikel dengan Hamiltonan Tak Standar	124
6.7.8	Gas Ideal di Permukaan Bola	126
6.7.9	Sistem dengan Energi Diskrit	127
6.8	Sistem Partikel Berinteraksi	127
7	Statistika Kuantum	137
7.1	Keadaan Kuantum	137

7.2	Keadaan Murni dan Keadaan Tercampur	142
7.3	Sifat-Sifat Matrik Kerapatan	146
7.4	Operator Kerapatan Statistika Kuantum	150
7.5	Transformasi Wigner	155
8	Simetri Vektor Keadaan	157
8.1	Kaidah Dekomposisi Gugus	161
8.2	Tipe Simetri untuk Observabel	162
8.3	Fungsi Partisi Makrokanonik	166
8.4	Vektor Keadaan Bose-Einstein dan Fermi-Dirac	171
9	Sistem Gas Ideal Kuantum	179
9.1	Sistem Boson dan Fermion	179
9.2	Kondensasi Boson	188
9.3	Kondensasi Boson pada Sembarang Dimensi	191
9.4	Gas Foton	194
9.5	Gas Fermi Merosot	196
9.6	Gas Fermi Relativistik pada $T=0$	197
9.7	Bintang Katai Putih	199
9.8	Soal-soal	201
	Daftar Pustaka	205
	Indeks	207
	Tentang Penulis	211