

Ridwan Abdullah Sani
Muhammad Kadri

FISIKA KUANTUM

$$v = m^2$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial t}$$

$$E = \frac{1}{2} k p^2$$
$$E = 2m_0$$

$$\vec{E} = \frac{Ze}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{r^3}$$



FISIKA KUANTUM

Tgl. Terima : 14-12-2022

No. Induk : 2784.MONOGRAF.PEPI-12-22

Asal Bahan Pustaka : (Beli/Tukar/Hadiah)

Dari : Pengadaan TA 2022

MILIK / KOLEKSI

POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA
(PEPI)

Ridwan Abdullah Sani
Muhammad Kadri

FISIKA KUANTUM



Penerbit

BUMI AKSARA

BA 01.39.3270

FISIKA KUANTUM

Penulis : Dr. Ridwan Abdullah Sani, M.Si
Muhammad Kadri, M.Sc

Editor : Sri Budi Hastuti

Diterbitkan oleh PT Bumi Aksara
Jl. Sawo Raya No. 18
Jakarta 13220



Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya, dalam bentuk dan dengan cara apa pun juga, baik secara mekanis maupun elektronis, termasuk fotokopi, rekaman, dan lain-lain tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan Pertama, Juli 2017

Cetakan kedua, Juni 2019

Perancang Kulit, Diah Purnamasari

Penata Letak, Supriyanto

Dicetak oleh PT Paragonatama Jaya

Sumber Gambar Kover: <https://i.ytimg.com/vi/9X1ihPOPOPQ/maxresdefault.jpg>

ISBN: 978-602-444-046-6

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Ridwan Abdullah Sani.

Fisika kuantum / Ridwan Abdullah Sani, Muhammad Kadri;
editor, Hastuti. -- Cet.2. -- Jakarta: Bumi Aksara, 2019

viii + 252 hlm. ; 15,5 x 23 cm.

ISBN: 978-602-444-046-6

1. Fisika kuantum I. Judul. II. Muhammad Kadri. III. Hastuti

539



Kata Pengantar

Buku ini merupakan bahan ajar yang dapat digunakan untuk memahami konsep dasar kuantum dalam fisika. Kajian disesuaikan dengan tingkat pemikiran mahasiswa yang telah menguasai matematika fisika dan konsep fisika dasar. Bahan ajar ini terutama ditujukan untuk mahasiswa program studi pendidikan fisika sebagai dasar untuk memahami fisika modern. Bahan ajar ini dilengkapi latihan soal dan tugas/soal yang dapat diberikan pada mahasiswa untuk pemantapan penguasaan materi kuliah. Bagian awal memaparkan tentang munculnya konsep fisika kuantum untuk menjelaskan hasil eksperimen yang tidak dapat dijelaskan menggunakan konsep fisika klasik. Selanjutnya, dipaparkan konsep dan aplikasi kuantum, terutama terkait persamaan Schrodinger dan penggunaan operator mekanika kuantum.

Perlu dipahami bahwa kajian fisika kuantum sangat berbeda dengan fisika klasik, karena keadaan sistem kuantum bersifat dualisme, yakni sebagai gelombang dan partikel sekaligus. Hal ini menyebabkan kita harus menggunakan teori statistik seperti peluang dan harga harapan yang bersifat probabilistik. Oleh sebab itu, pada fisika kuantum akan ditemukan perumusan yang abstrak namun harus sesuai dengan hasil eksperimen. Pembaca akan disuguhkan model matematis dan fisis yang telah dikembangkan oleh para fisikawan yang dapat digunakan untuk menjelaskan dunia mikroskopis.

Pemaparan dalam buku ini dibuat sederhana agar mudah dipahami, namun tidak terlepas dari penggunaan matematika yang dibutuhkan dalam analisis teori fisika kuantum. Fungsi dalam fisika kuantum dinyatakan dalam aljabar linier karena model matematis tersebut sangat sesuai dengan hasil eksperimen. Hal tersebut dimungkinkan karena alam semesta pada dimensi atomik bersifat linier sehingga bersesuaian dengan persamaan dinamika yang bersifat linier. Analisis teoretis perlu dikuasai agar mahasiswa memiliki pengetahuan dasar yang dibutuhkan untuk memahami konsep fisika secara utuh. Pemahaman tentang penjelasan teoretis untuk hasil pengamatan eksperimental sangat dibutuhkan dalam khazanah ilmu pengetahuan. Hal ini dibutuhkan agar khazanah pengetahuan eksperimental masyarakat dapat dikembalikan pada hukum-hukum dasar. Ilmu pengetahuan selalu menuju

pada usaha untuk memperoleh gambaran komprehensif tentang alam pengamatan dan apabila mungkin mengembalikan suatu perangkat gejala-gejala pada beberapa hukum dasar. Hukum dasar merupakan landasan yang dapat diturunkan kaidah-kaidah dan hukum-hukum yang kemudian dapat menerangkan dan meramalkan gejala-gejala yang diamati, atau yang akan diamati.

Kajian kuantum dilakukan berbasis teori de Broglie tentang dualisme partikel-gelombang. Diskusi dilakukan berdasarkan postulat mekanika kuantum yang merupakan dasar untuk mempelajari fungsi gelombang yang diasosiasikan dengan partikel. Beberapa aplikasi persamaan Schrodinger disajikan untuk memudahkan pembaca dalam memahami solusi persamaan Schrodinger. Aplikasi teknologi dari konsep kuantum juga disajikan dalam buku ini, misalnya pada LASER (*light amplification by stimulated emission of radiation*).

Bagi beberapa mahasiswa, perkuliahan fisika kuantum sangat abstrak dan teoretis dengan mengandalkan teknik manipulasi matematika aljabar, sehingga banyak mahasiswa yang tidak memahami mengapa mereka belajar fisika kuantum. Sedikit mahasiswa yang mengetahui bahwa fisika kuantum adalah teori pamungkas fisikawan untuk memahami alam semesta. Fisika kuantum dapat berdiri kokoh karena sampai saat ini teori ini mampu memprediksi setiap eksperimen dan tidak ada satu pun eksperimen yang menyalahi prinsip-prinsip fisika kuantum. Sampai saat ini, tidak ada satupun fisikawan yang dapat merumuskan suatu teori yang lebih sederhana yang dapat menyamai kesuksesan formulasi fisika kuantum.

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Bab 1 Radiasi Benda Hitam.....	1
A. Radiasi Benda Hitam	1
B. Hipotesis Kuantum Planck	13
Bab 2 Efek Fotolistrik dan Efek Compton	18
A. Efek Fotolistrik.....	18
B. Kurva Radiasi Sinar-X.....	28
C. Efek Compton	32
Bab 3 Model Atom Hidrogen Menurut Bohr	43
A. Spektrum Atom Hidrogen.....	43
B. Perkembangan Teori Model Atom	46
C. Model Atom Hidrogen Menurut Bohr	50
D. Model Atom Hidrogen Menurut Sommerfeld.....	62
Bab 4 Dualisme Gelombang Partikel	70
A. Hipotesis de Broglie.....	70
B. Eksperimen Davisson-Germer	74
C. Paket Gelombang.....	78
D. Prinsip Ketidakpastian Heisenberg	82
BAB 5 Landasan Mekanika Kuantum	93
A. Fungsi Gelombang.....	93
B. Operator dalam Mekanika Kuantum	100
C. Fungsi Eigen dan Nilai Eigen	105
D. Postulat Mekanika Kuantum	111
BAB 6 Persamaan Schrodinger Bebas Waktu	122
A. Karakteristik Persamaan Schrodinger	122
B. Solusi Persamaan Schrodinger Bebas Waktu	128
C. Solusi Persamaan Schrodinger untuk Partikel Bebas	131
D. Rapat Arus.....	136
E. Teorema Ehrenfest.....	138

BAB 7	Solusi Persamaan Schrodinger pada Beberapa Potensial	144
A.	Partikel dalam Kotak Potensial dengan Dinding Tak Berhingga	144
B.	Partikel dalam Potensial Berbentuk Tangga	153
C.	Partikel Melewati Potensial Penghalang.....	160
D.	Osilator Harmonik	166
BAB 8	Aplikasi Persamaan Schrodinger dalam Kasus Atom Hidrogen	178
A.	Persamaan Schrodinger dalam Koordinat Bola	178
B.	Solusi Persamaan Anguler.....	181
C.	Solusi Persamaan Radial.....	185
BAB 9	Momentum Anguler Elektron	191
A.	Momentum Anguler Orbital.....	191
B.	Spin Elektron.....	201
C.	Momen Dipol Magnetik	207
D.	Interaksi Momentum Anguler Orbital dan Spin.....	210
BAB 10	Interaksi Atom dengan Medan dan Radiasi Gelombang Elektromagnetik	216
A.	Efek Zeeman dan Efek Stark	216
B.	Persamaan Schrodinger dengan Gangguan Bergantung Waktu	219
C.	Piranti Laser	225
BAB 11	Aplikasi Fisika Kuantum	233
A.	Mikroskop Emisi Medan	233
B.	<i>Scanning Tunnelling Microscope</i> (STM)	235
C.	Laser dari Bahan Struktur Hetero Semikonduktor	236
D.	Laser Kaskade Kuantum (<i>Quantum Cascade Laser</i>)	240
E.	Laser dari Material dengan Struktur Butiran Kuantum (<i>Quantum Dots</i>)	242
F.	Detektor Inframerah dari Struktur Butiran Kuantum (QD) dan Sumur Kuantum (QW)	245
G.	Detektor Cahaya dengan Elektron Minoritas Unipolar (ME-UP)	248
	Daftar Pustaka	253
	Profil Penulis	255