

MAKALAH

Fisika Modern : Definisi, Konsep dan Aplikasinya

Oleh:

Dr. Ayi Bahtiar

Makalah ini disampaikan pada Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat “*Diseminasi Pengajaran Fisika Modern dalam Upaya Peningkatan Kompetensi Guru SMA di Sekitar Jatinangor*” di Ruang Seminar Jurusan Fisika Unpad, 25 Oktober 2007



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PADJADJARAN
2007**

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Makalah : Fisika Modern : Definisi, Konsep dan Aplikasinya
2. Pelaksana
 - a. Nama : Dr. Ayi Bahtiar
 - b. NIP : 132 169 935
 - c. Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk. I / IIIb
 - d. Jabatan : Lektor
 - e. Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika
3. Tempat kegiatan : Ruang Seminar Jurusan Fisika UNPAD

**Mengetahui :
Dekan Fakultas MIPA**

Jatinangor, 25 Oktober 2007

Pelaksana/Penyaji Makalah

Prof. Dr. Husein H. Bahti
NIP: 130 367 261

Dr. Ayi Bahtiar
NIP: 132 169 935

**Menyetujui
a.n. Ketua Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat
Universitas Padjadjaran
Sekretaris Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat**

Drs. Dedi Sugandi, MS
NIP. 130516347

Fisika Modern : Definisi, Konsep dan Aplikasinya*

Dr. Ayi Bahtiar

Dosen Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Padjadjaran Bandung
Jl. Raya Bandung-Sumedang km. 21 Jatinangor 45363 Sumedang
Tel. 022-7796014 , Fax. 022-7792435, Email : a.bahtiar@unpad.ac.id

I. LATAR BELAKANG

Fisika modern merupakan salah satu bagian dari ilmu Fisika yang mempelajari perilaku materi dan energi pada skala atomik dan partikel-partikel subatomik atau gelombang. Pada prinsipnya sama seperti dalam fisika klasik, namun materi yang dibahas dalam fisika modern adalah skala atomik atau subatomik dan partikel bergerak dalam kecepatan tinggi. Untuk partikel yang bergerak dengan kecepatan mendekati atau sama dengan kecepatan cahaya, perilakunya dibahas secara terpisah dalam teori relativitas khusus. Ilmu Fisika Modern dikembangkan pada awal abad 20, dimana perumusan-perumusan dalam Fisika Klasik tidak lagi mampu menjelaskan fenomena-fenomena yang terjadi pada materi yang sangat kecil. Fisika Modern diawali oleh hipotesa Planck yang menyatakan bahwa besaran energi suatu benda yang beresonansi (osilator) tidak lagi bersifat kontinu, namun bersifat diskrit (kuanta), sehingga muncullah istilah Fisika Kuantum dan ditemukannya konsep dualisme partikel-gelombang. Konsep dualisme dan besaran kuantum ini merupakan dasar dari Fisika Modern.

Dalam makalah ini dibahas konsep, hipotesa dan eksperimen yang menjadikan landasan pengembangan fisika modern serta penerapan fisika modern, dalam berbagai bidang seperti kedokteran, telekomunikasi, dan industri.

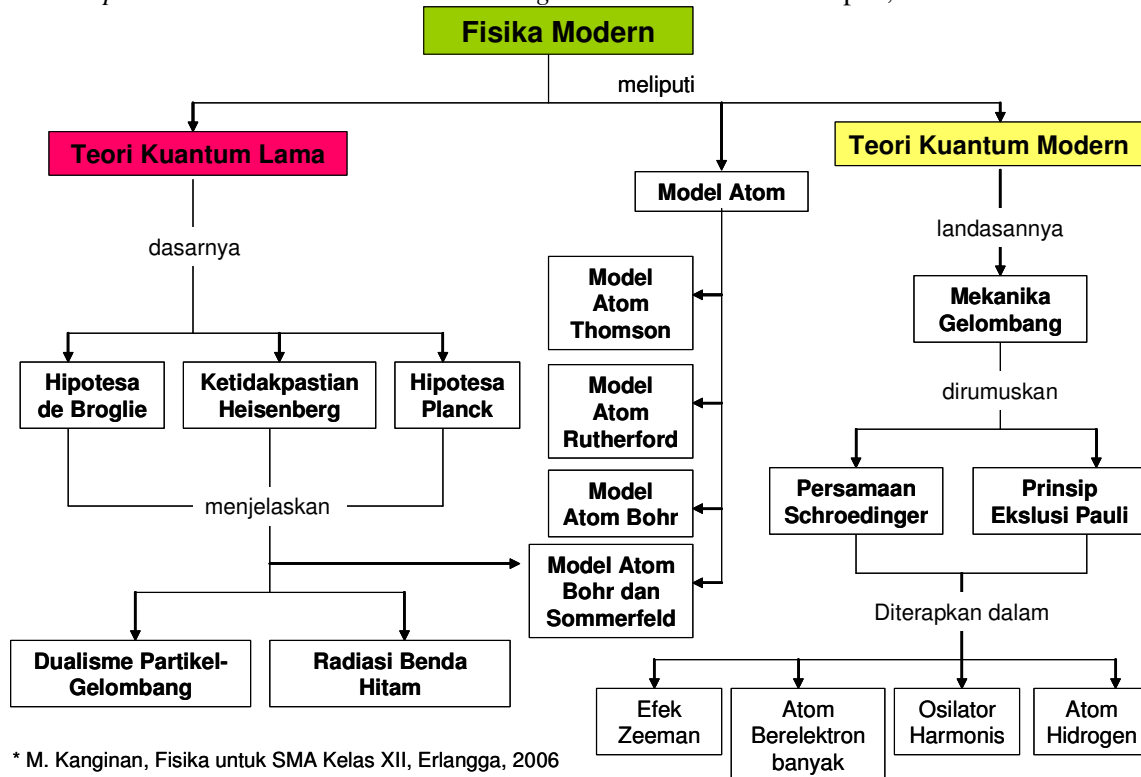
II. KONSEP FISIKA MODERN

Fisika Modern secara umum dibagi menjadi dua bagian pembahasan yaitu Teori kuantum lama dan Teori Kuantum Modern. Bahasan Fisika modern digambarkan dalam diagram seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Teori Kuantum lama memperkenalkan besaran-besaran fisika, seperti energi merupakan besaran diskrit bukan besaran kontinu seperti halnya dibahas dalam mekanika klasik. Teori kuantum lama diawali oleh hipotesa Planck yang menyatakan bahwa energi yang dipancarkan oleh sumber (berupa osilator) bersifat kuantum/diskrit karena hanya bergantung pada frekuensinya bukan pada amplitudo seperti dalam mekanika klasik dimana besaran amplitudo tidak terbatas (kontinu). Pada tahun 1900 Max-Planck merumuskan besaran energi yang bersifat diskrit dalam merumuskan energi yang dipancarkan oleh benda hitam yaitu :

$$E = nhf$$

dimana $n = 1, 2, 3, \dots$ dan $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Joule/detik (konstanta Planck). Albert Einstein pada tahun 1905 menggunakan konstanta Planck dalam merumuskan energi yang dipancarkan oleh berkas cahaya/foton (penemuan efek fotolistrik).

(1) Disampaikan pada Diseminasi Pengajaran Fisika Modern dalam Upaya Peningkatan Kompetensi Guru SMA di Sekitar Jatinangor” di Jurusan Fisika Unpad, 25 Oktober 2007



Gambar 1. Materi yang dibahas dalam Fisika Modern [1]

Konsep yang paling mendasar dalam fisika modern adalah konsep dualisme partikel dan gelombang, dimana partikel berperilaku sebagai gelombang dan gelombang berperilaku sebagai partikel. Konsep ini sangat penting karena perilaku partikel dan gelombang semuanya sudah dipelajari dan diamati di fisika klasik. Konsep dualisme partikel-gelombang ini diamati oleh 2(dua) eksperimen yaitu efek fotolistrik oleh Albert Einstein dan eksperimen difraksi partikel/elektron oleh G.P. Thomson dan Davison Germer.

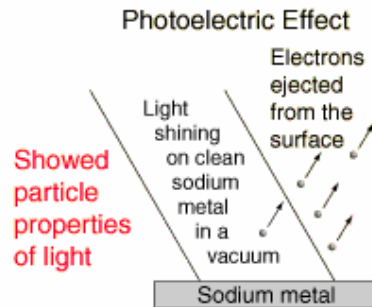
2.1. Efek Fotolistrik

Pada tahun 1905 Einstein mempostulatkan bahwa elektron/partikel dapat menerima energi gelombang elektromagnetik (berupa cahaya atau foton) hanya dalam bentuk diskrit (kuanta) sebesar :

$$E = hf$$

dimana $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Joule/detik (konstanta Planck) dan f adalah frekuensi cahaya foton. Einstein melakukan eksperimen dengan menembakkan cahaya pada permukaan logam Natrium (Sodium) dan mengamati partikel-partikel atau elektron-elektron pada

permukaan logam terhambur dengan kecepatan tertentu, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi eksperimen efek fotolistrik [2]

Elektron-elektron terhambur ini memiliki energi kinetik sebesar $\frac{1}{2} mv^2$, dimana m adalah masa elektron dan v adalah kecepatan elektron yang terhambur. Peristiwa pergerakan elektron dengan kecepatan tertentu ini merupakan sifat dari partikel, sehingga dikatakan bahwa gelombang cahaya dapat berperilaku seperti partikel. Namun hanya cahaya dengan frekuensi/energi tertentu yang mampu menghamburkan elektron-elektron pada permukaan logam Natrium, yaitu energi foton harus sama dengan energi yang diperlukan untuk memindahkan elektron (fungsi kerja logam) ditambah dengan energi kinetik dari elektron yang terhambur :

$$hf = \phi + \frac{1}{2} mv^2$$

dimana ϕ adalah energi minimum yang diperlukan untuk memindahkan elektron yang terikat di permukaan logam. Atas jasanya dalam menemukan efek fotolistrik, Albert Einstein diberi Hadiah Nobel untuk Fisika pada tahun 1921.

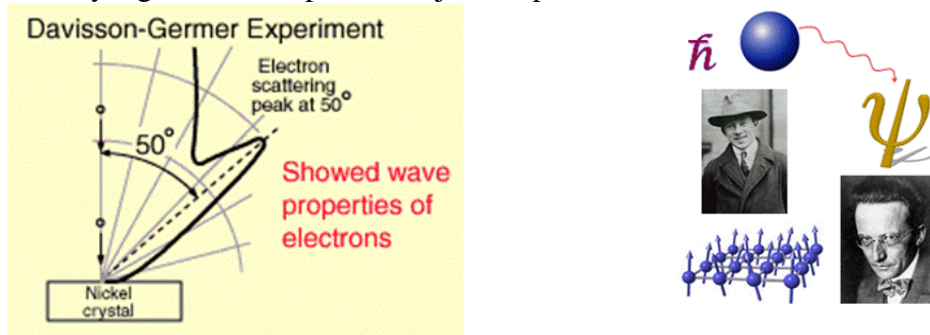
2.2. Eksperimen Davison-Germer

Sebelum eksperimen Davison-Germer, pada tahun 1924 Louis-Victor de Broglie merumuskan secara empiris bahwa semua partikel atau materi, tidak hanya cahaya, memiliki sifat alami seperti gelombang, yaitu :

$$h = \frac{p}{\lambda} = \frac{mv}{\lambda}$$

dimana $p = mv$ adalah momentum yang merupakan sifat materi dan λ adalah panjang gelombang. Gelombang dalam mekanika klasik memiliki sifat-sifat seperti interferensi, difraksi, dan polarisasi. Pada tahun 1927, hipotesa de Broglie ini dikonfirmasi oleh dua eksperimen yang dilakukan secara terpisah oleh George Paget Thomson (anak dari J.J. Thomson, penemu elektron, peraih Nobel Fisika tahun 1906) yang melakukan eksperimen dengan melewatkan berkas elektron ke dalam film tipis logam dan mengamati pola difraksi (sifat gelombang) dari elektron yang terhambur dari permukaan logam. Atas jasanya G.P. Thomson dianugerahi Nobel Fisika pada tahun 1934. Sedangkan di tempat terpisah C.J. Davisson dan L.H. Germer (Bell Labs) menembakkan

elektron-elektron dengan kecepatan rendah ke dalam kristal Nikel dan mengukur intensitas elektron-elektron yang terhambur dari permukaan kristal Nikel pada sudut hamburan yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Eksperimen difraksi elektron oleh Davison-Germer [2]

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa elektron-elektron yang terhambur memiliki pola difraksi seperti yang diperkirakan oleh Bragg dalam difraksi sinar-X dari kristal Nikel. Atas jasa merumuskan hipotesanya, de Broglie dianugerahi Hadiah Nobel Fisika pada tahun 1929 dan Davison dianugerahi Nobel Fisika pada tahun 1934 atas penemuan difraksi elektron.

Teori Kuantum Modern dikembangkan dalam perhitungan energi partikel atau elektron menggunakan persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Erwin Schroedinger, karenanya dikenal dengan persamaan Schroedinger :

$$\nabla^2 \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V) \Psi = 0$$

dimana Ψ adalah fungsi gelombang dari partikel/elektron, m adalah massa elektron, $\hbar = h / 2\pi$, E adalah energi dan V adalah potensial. Persamaan ini bersama dengan prinsip eksklusi Pauli yang menyatakan bahwa elektron dan partikel Fermion lain tidak dapat memiliki keadaan kuantum yang sama (energi, orbital, spin dll) merupakan dasar bagi penerapan teori kuantum modern dalam menjelaskan efek Zeeman, atom berelektron banyak, osilator harmonis dan atom hidrogen.

Diantara kedua teori kuantum lama/klasik dan modern ini beberapa model atom dikembangkan oleh Thomson, Rutherford, Bohr dan Sommerfeld-Bohr, dimana model atom ini berdasarkan teori kuantum lama (besaran diskrit) dan juga merupakan dasar bagi penerapan teori kuantum modern khususnya dalam atom hidrogen dan atom berlektron banyak.

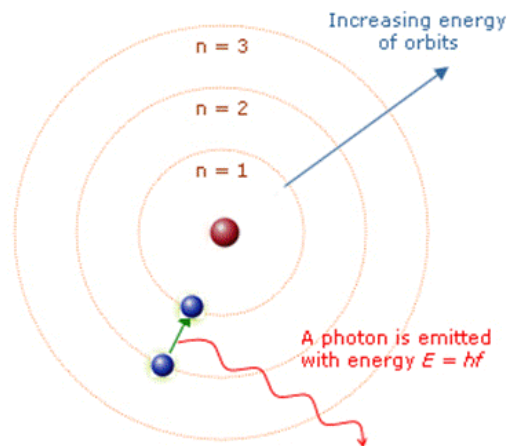
Pada tahun 1906, J.J. Thomson menemukan besaran perbandingan antara muatan dan massa elektron (muatan spesifik elektron) yang berkesimpulan bahwa elektron merupakan partikel paling dasar dari setiap materi. Dengan demikian model atom Dalton yang menyatakan bahwa atom merupakan bagian terkecil dari materi gugur. Thomson menyatakan bahwa atom mengandung banyak sekali elektron-elektron yang bermuatan negatif. Karena atom bersifat netral, maka didalam atom terdapat muatan-muatan positif yang menyeimbangkan elektron yang bermuatan negatif. Thomson membuat model bahwa atom berbentuk bola padat dengan muatan-muatan listrik positif tersebar merata di seluruh bagian bola; muatan-muatan positif ini dinetralkan oleh elektron-elektron bermuatan negatif yang melekat pada bola segaram pada bola bermuatan positif seperti

kismis yang melekat pada kue. Sehingga model atom Thomson dikenal dengan model atom kue kismis. J. J. Thomson akhirnya diberi hadiah Nobel Fisika pada tahun 1906.

Ernest Rutherford, dibantu asistennya yaitu Geiger dan Marsden pada tahun 1911 melakukan eksperimen menembakkan partikel alfa (α) melalui celah pelat timbal yang akhirnya menumbuk lempeng tipis emas. Untuk mendeteksi partikel alfa yang terhambur dari lempeng emas, dipasang lempeng lapisan seng sulfida. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar partikel alfa dilewatkan tanpa mengalami pembelokan oleh lapisan emas dan hanya sedikit yang dibelokkan atau dipantulkan. Hasil eksperimen Rutherford menunjukkan bahwa model atom Thomson yang menyatakan bahwa muatan positif tersebar merata di dalam atom tidak dapat diterima. Model atom Rutherford menyatakan bahwa semua muatan positif berkumpul di tengah atom (inti atom) dan inti atom dikelilingi oleh elektron-elektron pada jarak yang relatif jauh. Elektron-elektron ini berputar pada lintasan-lintasannya seperti planet mengelilingi matahari dalam sistem tata surya.

Model atom Rutherford ini ternyata mempunyai tidak mampu menjelaskan dua pertanyaan yaitu pertama, mengapa elektron yang dipercepat hingga memancarkan gelombang elektromagnetik tidak dapat jatuh ke dalam inti atom, karena dengan model tadi diperkirakan bahwa elektron akan jatuh ke dalam inti atom dalam waktu 10^{-8} detik, namun kenyataannya elektron bergerak stabil di lintasannya. Kedua, hasil pengamatan spektrum atom hidrogen melalui spektrometer menunjukkan bahwa spektrum berbentuk garis (deret Balmer) sedangkan menurut model atom Rutherford, spektrum atom hidrogen harus kontinu. Pada tahun 1911 Niels Bohr membuat model atom seperti diilustrasikan pada Gambar 4.

- (a). Elektron bergerak dalam orbitnya yang melingkar di sekitar inti atom (proton) dibawah pengaruh gaya Coulomb.
- (b). Elektron tidak dapat berputar di sekitar inti melalui setiap orbit, tetapi elektron hanya melalui orbit stabil (orbit stasioner) tanpa memancarkan energi.
- (c). Radiasi dipancarkan oleh atom jika elektron melompat dari suatu orbit stasioner yang energinya lebih tinggi ke dalam orbit yang energinya lebih rendah.
- (d). Ukuran orbit-orbit yang diperbolehkan ditentukan oleh keadaan kuantum tambahan yaitu momentum sudut orbital elektron.



Gambar 4. Model atom Bohr [2]

III. PENERAPAN FISIKA MODERN

Penerapan fisika modern telah banyak kita nikmati saat ini, yang mencakup bidang telekomunikasi, kedokteran, dunia industri, militer dan masih banyak lagi. Dalam dunia telekomunikasi, pengiriman informasi pada awalnya digunakan asap, kemudian telepon, handphone (HP), komputer, serat optik dan saat ini banyak digunakan teknologi VoIP (*Voice over Internet Protocol*), seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Perkembangan ini merupakan jasa dari pengembangan fisika moden.



Cerobong asap



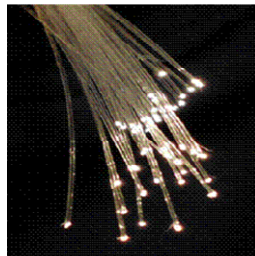
**Original telepon
Graham Bell**



Telefon rumah



Handphone



Serat Optik

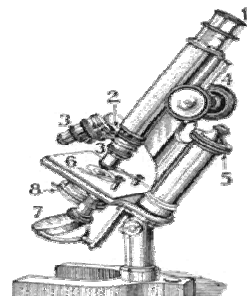


Gambar 5. Perkembangan teknologi komunikasi [3]

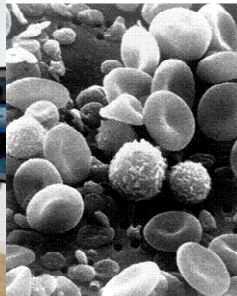
Revolusi penerapan Fisika Modern diawali sejak ditemukannya LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang banyak digunakan sebagai *barcode* di supermarket, *display*, hiburan, telekomunikasi sebagai pembawa informasi, holografi dalam pembuatan penyimpanan data maupun dalam dunia militer/senjata. Dalam dunia kedokteran atau biologi kebutuhan akan citra objek yang lebih kecil membuat pranan fisika modern sangat besar terutama sejak dibuatnya mikroskop elektron dan mikroskop laser. Dengan kedua jenis mikroskop ini, objek kecil seperti sel darah manusia, sel-sel dalam organ tubuh manusia atau hewan dapat dilihat dengan jelas, sehingga sangat membantu dalam diagnosa penyakit. Perkembangan teknologi mikroskop berdasarkan sumber cahaya dan resolusi citra yang diperolehnya ditunjukkan pada Gambar 6.



Mikroskop Robert Hooke

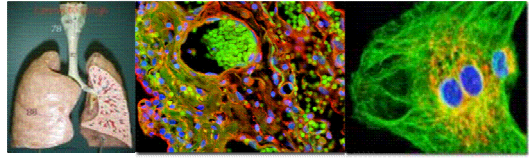


Mikroskop Optik



Sel darah manusia

Mikroskop electron dan hasil citranya pada sel darah manusia



Mikroskop Laser dan hasil citranya pada paru-paru manusia

Gambar 6. Perkembangan mikroskop berdasarkan resolusinya [4]

IV. PENUTUP

Fisika Modern merupakan pengembangan fisika klasik dalam objek yang sangat kecil dalam bentuk partikel atau elektron. Perumusan-perumusan yang digunakan sama dengan yang dirumuskan dalam fisika klasik. Fisika modern diawali oleh prinsip besaran yang bersifat diskrit (kuanta) sehingga sering disebut dengan fisika kuantum. Fisika modern secara umum dibagi menjadi dua yaitu teori kuantum klasik/lama dan teori kuantum modern. Teori kuantum lama didasari oleh konsep dualisme partikel sebagai gelombang dan gelombang sebagai partikel sedangkan teori kuantum lama dilandasi oleh persamaan Schroedinger untuk menentukan energi partikel atau elektron. Penerapan fisika modern banyak yang kita manfaatkan saat ini seperti teknologi laser, telekomunikasi kecepatan tinggi, kedokteran dan masih banyak lagi.

V. REFERENSI

[1]. M. Kanginan, " Fisika untuk SMA Kelas XII" Penerbit Erlangga, 2006
 [2]. http://en.wikipedia.org/wiki/Introduction_to_quantum_mechanics
 [3]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunication>
 [4]. <http://www.microscopy.fsu.edu/primer/techniques/fluorescence>