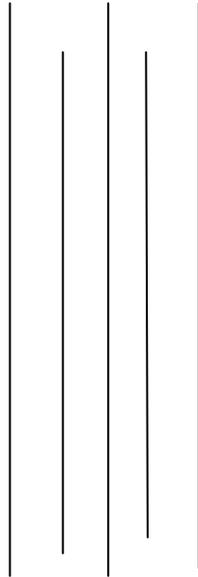


**MODUL 1**  
**FISIKA MODERN**  
**MODEL – MODEL ATOM**



**Oleh**

**JAJA KUSTIJA, Drs. MSC.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
J a k a r t a  
**2005**

<b>Nama Mata Kuliah / Modul</b>	<b>Fisika Modern / Modul 1</b>
<b>Fakultas / Jurusan</b>	<b>Teknologi Industri / Teknik Elektro</b>
<b>Tahun Akademik</b>	<b>2005 / 2006</b>
<b>Semester ( Ganjil / Genap )</b>	<b>Ganjil</b>
<b>Revisi Ke</b>	<b>0</b>

<b>Nama Penyusun</b>	<b>Jaja Kustija</b>
<b>Tanggal Penyusun</b>	
<b>Tanda Tangan Penyusun</b>	

<b>Tanggal Pemeriksaan</b>	
<b>Tanda Tangan Pemeriksa</b>	
<b>Tanggal Pengesahan</b>	
<b>Tanda tangan Pengesahan</b>	

# **Modul 1**

## **Fisika Modern**

### **Model-model Atom**

#### **Tujuan intruksional umum:**

Setelah mempelajari pokok bahasan ini diharapkan dapat memahami tentang model-model atom.

#### **Tujuan intruksional khusus:**

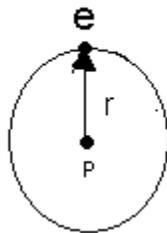
1. dapat menjelaskan model atom Rutherford.
2. dapat menerapkan model atom Bohr.

#### **Buku rujukan:**

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 1. Giancoli.        | Physics           |
| 2. Kane & Sterheim. | Physics 3         |
| 3. Sears & Zemanky. | University Physic |

## 1.1 Model Atom Rutherford

Pada perkembangan pengetahuan orang tentang partikel terkecil dari penyusun bahan pada atom dan dari hasil pengamatan penembakan partikel dan  $\alpha$  pada bahan mas tipis. partikel  $\alpha$  Ada yang dibelokan, ada yang diteruskan dan ada yang dipantulkan, mengilhami Rutherford (1916) membuat model atom, hidrogen dengan inti terdiri dari satu proton dan satu elektron mengelilingi inti dengan jari-jari.



**Gambar 1.1**

Ukuran inti kira-kira bertingkatan  $10^{-15}$  m sangat jauh dibanding dengan ukuran atom yang berukuran kira-kira bertingkatan  $10^{-10}$  m.

Rutherford menganggap elektron mengelilingi inti untuk mengimbangi gaya interaksi antara proton dan elektron.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_p q_e}{r^2}$$

Maka gaya interaksi antara proton dan elektron sebesar

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} \text{ (menuju ke pusat lingkaran)}$$

Supaya elektron tetap pada jarak tertentu (jari-jari) maka elektron harus bergerak melingkar seperti bumi mengitari matahari sehingga mempunyai gaya sentripugal.

$$F = m a_{cp}$$

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

Dengan  $V$  = kecepatan elektron mengelilingi inti (m/s)

$m$  = massa elektron

$$k = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ n}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

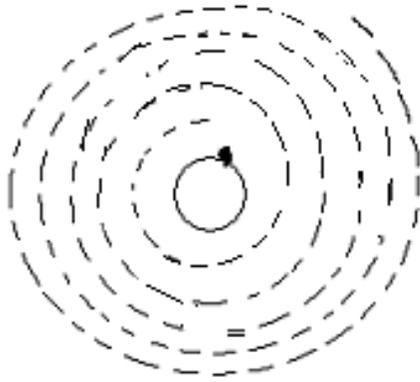
$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Model Atom Rutherford ini tidak dapat dipertahankan karena bertentangan dengan teori magnet klasik.

Teori elektro magnet klasik mengungkapkan :

1. disekitar muatan listrik terdapat medan listrik (coloumb, gauss)
2. aliran muatan listrik (arus listrik) menimbulkan medan magnet disekitarnya (ampere, biosavart, orsted).
3. perubahan medan magnet menghasilkan medan listrik (faraday).
4. perubahan medan listrik menghasilkan medan magnet.

Mengacu pada model atom rutherford elektron yang bergerak mengelilingi inti harus menghasilkan medan magnet, medan magnet yang dihasilkan tidak tetap karena dihasilkan oleh aliran elektron yang arahnya berubah-ubah (melingkar) akibatnya harus menimbulkan medan listrik yang tidak konstan dan medan listrik tidak konstan harus menimbulkan medan magnet yang tidak konstan demikian seterusnya sehingga setiap atom harus memancarkan gelombang elektromagnet, sehingga energi atom berkurang dan orbitnya menyusut akhirnya orbitnya berbentuk spiral (ulir).



Selanjutnya menurut teori klasik frekuensi gelombang elektromagnet yang dipancarkan oleh sebuah elektron yang beredar sama dengan frekuensi putarannya maka kecepatan sudutnya akan berubah secara kontinu dan ia akan memancarkan spektrum kontinu (campuran dari semua frekuensi) bertentangan dengan spektrum garis dan hasil pengamatan yang sebenarnya.

## 1.2 Model Atom Bohr.

Model atom rutherford dan teori gelombang elektromagnetik meramalkan suatu atom tidak stabil yang memancarkan energi radiasi dari frekuensi kontinu sedangkan pengamatan telah memperlihatkan atom stabil yang memancarkan hanya beberapa frekuensinya.

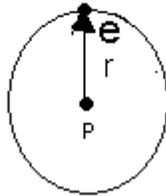
Bohr beranggapan teori elektromagnet hanya berlaku untuk menjelaskan pada skala besar saja sedangkan pada skala atom tidak berlaku dan bohr mengemukakan postulat:

Sebuah elektron dalam satu atom dapat beredar didalam orbit-orbit stabil yang tertentu masing-masing memiliki energi tertentu tanpa memancarkan energi ( radiasi) berlawanan dengan teori elektromagnet klasik.

Pada setiap lintasan mempunyai momentum sudut sebanding  $mvr = n \frac{h}{2\pi}$

$n=1,2,3,\dots$  dst dengan kelipatan bulat dari  $n/2\pi$

Sebuah atom akan memancarkan transisi dari suatu orbit ke orbit lainnya memancarkan atau menyerap photon tertentu analisa atom hidrogen.



Gambar 1.3

$$F_e = k \frac{e^2}{r^2}$$

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$

Sedang gaya sentripetal pada elektron yang berputar

$$F_{cp} = m \frac{v^2}{r}$$

Gaya interaksi listrik diimbangi oleh gaya sentripetal

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} = m v^2$$

Dengan penyederhanaan  $m v^2 = \frac{(mvr)^2}{mr}$

Maka

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} = \frac{(mvr)^2}{mr}$$

Dimana

$$(mvr)^2 = n \frac{h}{2\pi}$$

$$(mvr)^2 = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_n} \frac{e^2}{r} = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 mr^2}$$

$$\frac{e^2}{\epsilon_0} = \frac{n^2 h^2}{\pi^2 mr^2}$$

$$r = \epsilon_0 \frac{n^2 h^2}{\pi m e^2}$$

Dan dengan mensubstitusikan kepersamaan didapat

$$V = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{e^2}{2nh}$$

Jika  $\boxed{\epsilon_0 \frac{h^2}{\pi m e^2} = r_0}$

Maka persamaan 5 menjadi

$$r = n^2 r_0$$

$$n = 1 \rightarrow r = r_0$$

$$n = 2 \rightarrow r = 4r_0$$

$$n = 3 \rightarrow r = 9r_0$$

jika harga dari  $h, m, \pi, \epsilon_0$  dimasukkan kepersamaan didapat

$$\begin{aligned}r_0 &= \frac{(8,85 \times 10^{-12})6,62 \times 10^{-34}}{(3,14)(9,109 \times 10^{-31})(1,602 \times 10^{-19})} \\ &= 0,53 \times 10^{-10} \text{ m} \\ &= 53 \times 10^{-8} \text{ cm}\end{aligned}$$

Hasil ini cocok dengan diameter atom ,ditaksir oleh metode lain yaitu kira-kira  $10^{-8}$ cm.

Energi kinetik elektron

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{m e^2}{8 n^2 h^2}$$

Energi potensial ialah :

$$U = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{m e^2}{4 n^2 h^2}$$

$$E = K + U$$

$$E = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{m e^4}{8 n^2 h^2}$$

Energi elektron terkecil untuk  $n = 1$

$$E_1 = -\frac{1}{\epsilon_0} \frac{m e^4}{8 h^2}$$

Orbit – orbit lain  $n = 2, 3, \dots$ dst

Semakin luar enegi total elektronnya semakin besar.

Jika elektron pindah dari lintasan yang mempunyai energi lebih besar ke energi lebih kecil maka akan memancarkan energi porton.

Dan sebaliknya jika elektron pindah dari lintasan yang mempunyai energi yang lebih kecil ke orbit yang memiliki energi lebih besar harus menyerap energi.

Ambil  $n$  sebagai bilangan kuantum dari suatu keadaan yang tereksitasi dan sebagai bilangan kuantum dari keadaan yang lebih rendah kemana elektron itu kembali lagi setelah proses pancaran (emisi) , maka  $E_i$  Tenaga awal ialah

$$E_i = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8n^2h^2}$$

Dan  $E_f$  tenaga akhir ialah

$$E_f = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8l^2h^2}$$

Berkurangnya tenaga  $E_i - E_f$ , yang kita samakan dengan tenaga foton yang dipancarkan  $hf$  ialah

$$E_i - E_f = hf = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8n^2h^2} + \frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8l^2h^2}$$

Atau

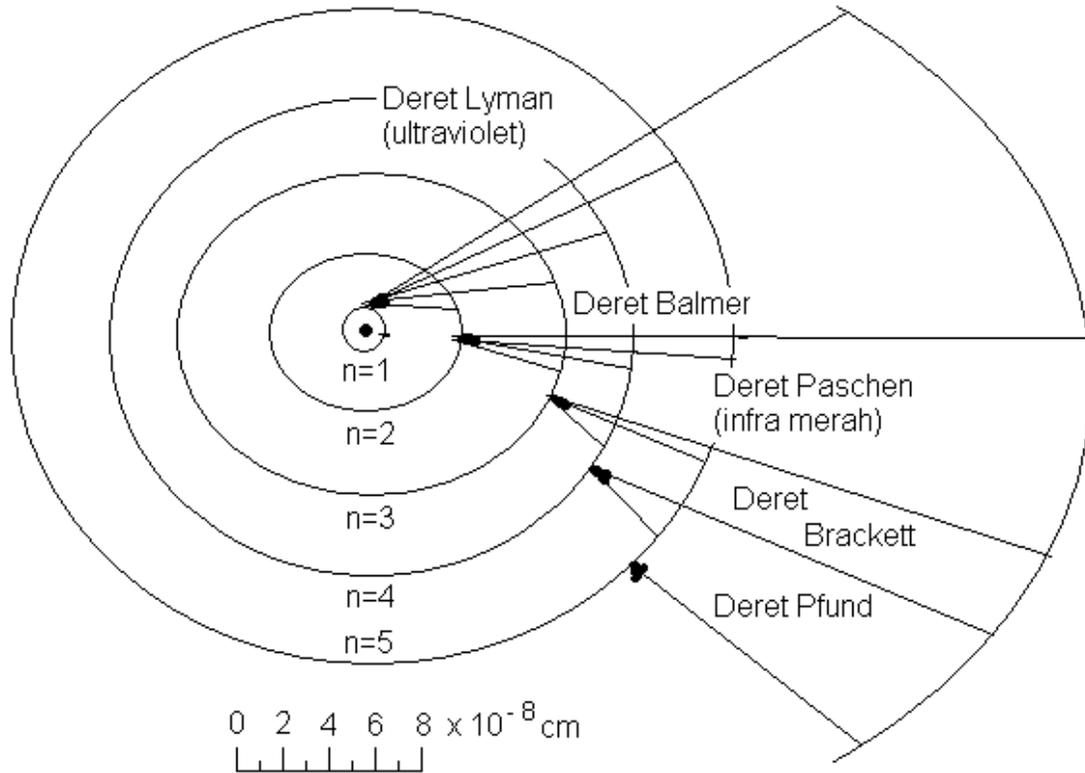
$$f = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8h^3} \left( \frac{1}{l^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Persamaan ini sama betul bentuknya dengan rumus balmer untuk frekuensi dalam spektrum hidrogen jika kita tuliskan

$$\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{me^4}{8h^3} = Rc$$

dan tuliskan  $l = 1$  untuk deret Lyman ,  $l = 2$  deret balmer dst. Oleh karena itu deret Lyman merupakan kumpulan garis-garis yang dipancarkan oleh elektron-elektron yang turun kembali dari suatu keadaan tereksi tasi keadaan dasar. Deret balmer ialah kumpulan yang dipancarkan oleh elektron-elektron yang turus kembali dari keadaan yang lebih tinggi, akan tetapi berhenti didalam orbit kedua, bukan pada orbit yang tenaganya paling

rendah. Jadi sebuah elektron yang turun kembali dari orbit ketiga ( $n = 3$ ) ke orbit ke-2 ( $n = 2$ ) akan memancarkan garis  $H\alpha$  yang turun kembali dari orbit ke-4 ( $n = 4$ ) ke orbit ke-2 ( $n = 2$ ) akan memancarkan garis  $H\beta$  dst. Transisi-transisi tersebut diperlihatkan dalam gambar 1-4.



Setiap besaran dalam persamaan (1-4) dapat ditentukan tanpa bergantung sama sekali kepada teori Bohr, dan terpisah dari teori tersebut kita tidak usah berharap agar besaran-besaran tersebut dihubungkan dengan cara khusus diatas. Sebagai contoh besaran  $m$  dan  $I$  ditentukan berdasarkan percobaan pada elektron beban  $h$  dapat ditentukan dari efek fotolistrik, dan  $R$  dengan pengukuran panjang gelombang, sedangkan  $C$  ialah kecepatan cahaya.

Walaupun demikian, jika kita masukan nilai-nilai besaran tersebut kedalam persamaan (1-4), yang didapati dengan berbagai cara diatas, kita dapati bahwa persamaan itu bekerja cepat sekali, didalam batas-batas kesalahan percobaan yang berarti menguatkan teori Bohr.

Interaksi atom dengan medan magnet dapat dianalisa dengan model Bohr untuk pertama kalinya telah disarankan oleh Faraday bahwa pergeseran panjang gelombang spektrum dapat terjadi jika atom diletakan didalam suatu medan magnet. Teknik spektroskopis Faraday telah tidak cukup sempurna lagi untuk mengamati pergeseran tersebut, tetapi Zeeman dengan menggunakan peralatan yang telah diperbaiki tehniknya, telah sanggup mengesan pergeseran itu yang sekarang dinamakan efek zeeman.

Interaksi termudah diuraikan dengan menggunakan konsep momen magnet, diperkenalkan dalam bagian 31-3, marilah kita lihat sebuah elektron didalam orbit Bohr pertama (  $n = 1$  ). Muatan yang mengorbit setara dengan sebuah lingkaran arus yang jari-jarinya  $r$  dan luasnya  $\pi r^2$  Muatan rata-rata persatuan waktu yang melewati sebuah titik orbit merupakan arus rata-rata  $I$  , dan ini di tentukan oleh  $e/\tau$  dimana  $\tau$  ialah waktu untuk satu putaran :  $\tau = 2 \pi r/v$ . momen magnet yang kita tuliskan dengan  $\mu$  untuk menghindari kekeliruan dengan masa elektron  $m$ , ditentukan oleh:

$$\mu = IA = \frac{1}{2} evr$$

Tetapi menurut teori Bohr momentumsudut  $mvr$  sama dengan  $h/2 \pi$  atau

$$vr = \frac{h}{2\pi m}$$

Oleh karena itu

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{h}{4\pi} \frac{e}{m} \\ &= \frac{(6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s})(1,758 \times 10^{11} \text{ C.Kg}^{-1})}{12,57} \\ &= 9,27 \times 10^{-24} \text{ A.m}^2 \end{aligned}$$

Contoh hitunglah tenaga potensial interaksi apabila atom hidrogen yang diterapkan diatas diletakan didalam satu medan magnet 2T.

Jawab soal : menurut persamaan diatas tenaga interaksi v apabila  $\alpha = 0$  ialah :

$$\begin{aligned}U &= -\mu B = (9,27 \times 10^{-24} \text{ A.m}^2)(2T) \\ &= - 1,85 \times 10^{-23} \text{ J} \\ &= -1,16 \times 10^{-4} \text{ eV}\end{aligned}$$

Apabila  $\mu$  dan B anti paralel, maka tenaga +  $1.16 \times 10^{-4}$  eV. Kita perhatikan bahwa tenaga ini jauh lebih kecil dari pada tenaga elektron.

Walaupun model Bohr telah berhasil meramalkan tingkatan-tingkatan tenaga atom hidrogen, ia telah menimbulkan banyak pertanyaan yang sama seperti jawabannya. Ia telah menggabungkan unsur-unsur fisika klasik dengan postulat-postulat baru yang tak konsisten dengan gagasan klasik. Model ini tidak memberikan pemahaman tentang apa yang satu lagi, dan stabilitas dari orbit-orbit tertentu tanpa melihat sama sekali mengenai gambaran yang terdapat pada saat cara kerjanya radiasi tenaga.

Rupanya tidak ada yang jelas mengenai kebenaran ( kecuali jika ia memberikan jawaban yang benar ) bagi momentum sudut supaya menjadi kelipatan  $h/2\pi$ . Selanjutnya dalam usaha memperluas model itu untuk atom-atom dengan dua elektron atau lebih juga tidak berhasil.dalam pasal berikutnya akan kita lihat bahwa masih ada lagi yang sama sekali menyimpan dari konsep-konsep klasik yang rupanya diperlukan guna memahami struktur atom yang lebih mendalam lagi.