

# C.PERKEMBANGAN TEORI ATOM DARI DALTON SAMPAI BOHR-RUTHERFORD

Atom berasal dari bahasa Yunani “*atomos*” yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi.

Suatu benda dapat dibagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, jika pembagian ini diteruskan, maka menurut logika pembagian itu akan sampai pada batas yang terkecil yang tidak dapat dibagi lagi, demikian pendapat *Demokritus* (460-370-S.M) Bagian terkecil yang tidak dapat dibagi lagi disebut: ATOM

Konsep atom yang dikemukakan oleh *Demokritus* murni sebagai hasil pemikiran semata, tanpa disertai adanya percobaan. Namun gagasan ini telah menjadi pembuka pintu ke arah penemuan baru menuju ke jenjang yang lebih tinggi.

Gagasan atom *Demokritus* menjadi tantangan fisikawan-fisikawan untuk mengalihkan perhatiannya ke arah mikrokosmos yang pada saat itu belum terjamah.

Awal abad ke-19, *John Dalton* (1766-1844) telah melaksanakan percobaan-percobaan yang menunjang konsep atom.

## 1. Konsep Atom Menurut Dalton:

1. Atom adalah partikel terkecil yang tidak dapat dibagi-bagi lagi. Atom suatu unsur semuanya serupa, dan tidak dapat berubah menjadi atom unsur yang lainnya.
2. Atom-atom unsur yang berlainan dapat membentuk molekul. Ketika terjadi reaksi, atom-atom itu berpisah tetapi kemudian bergabung kembali dengan susunan yang berbeda dengan susunan semula. Pada reaksi itu atom-atom bergabung menurut perbandingan tertentu.
3. Bila dua macam atom membentuk dua macam persenyawaan atau lebih maka atom-atom sejenis dalam persenyawaan itu mempunyai perbandingan yang sederhana

Pengembangan atom saat itu telah memperkenalkan kita pada susunan dan sifat-sifat atom, cara mengadakan reaksi dan senyawa-senyawa yang terbentuk.

Sekarang telah dikenal ukuran dan massa atom, energi antar atom dan partikel-partikel terkecil yang membentuk atom. Atom sebagai bagian terkecil suatu zat sudah tidak sesuai lagi dengan hasil-hasil percobaan-percobaan masa kini.

Partikel sub-atomik pertama yang dikenal adalah *elektron*. Suatu penemuan oleh percobaan *J.J Thomson* (1856-1940). Sehubungan dengan penemuan *J.J Thomson* menyangkal teori yang dikemukakan oleh Dalton.

Menurut Thomson atom itu terdiri atas muatan positif yang merata diseluruh atom, muatan ini di-netral-kan oleh muatan negatif yang tersebar merata pula diseluruh atom. Model ini tidak dikembangkan karena tidak sesuai dengan hasil percobaan *Rutherford*.

## 2. Konsep Atom Menurut Thomson:

### a. Tabung Lucutan Gas

Adalah peristiwa mengalirnya muatan-muatan listrik di dalam tabung lucutan gas pada tekanan yang sangat kecil.

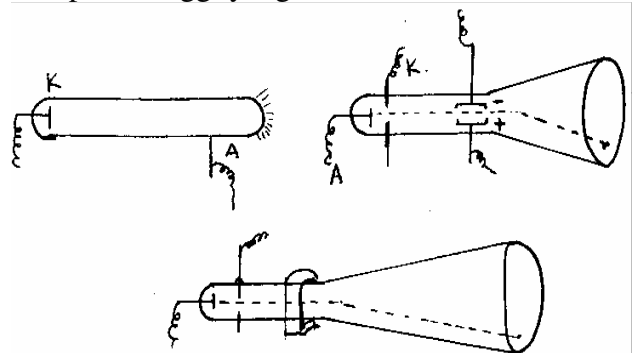
Sebuah tabung lucutan adalah tabung yang berisi udara, didalam tabung berisi elektrode-elektrode, yang biasanya disebut anoda (elektrode +) dan katode (elektrode -). Udara dalam tabung ini tidak dapat mengalirkan arus listrik walaupun ujung-ujung elektroda tersebut dihubungkan dengan *induktor Ruhmkorf*.

Keadaan akan berubah jika udara dalam tabung dikeluarkan sehingga tekanan udara menjadi kecil dan letak-letak molekul udara menjadi renggang.

Pada tekanan 4 cmHg, dalam tabung memancarkan cahaya *merah-ungu*. Cahaya ini akan menghilang sejalan dengan semakin kecilnya tekanan.

Pada tekanan 0,02 mmHg udara dalam tabung tidak lagi memancarkan cahaya namun kaca dimuka katoda berpendar *kehijauan*.

*Crookes* berpendapat bahwa dari katoda dipancarkan sinar yang tidak tampak yang disebut *Sinar katoda*. Sinar katoda dapat di pelajari karena bersifat memendarkan kaca. *Sinar Katoda* adalah arus elektron dengan kecepatan tinggi yang keluar dari katoda.



### b. Sifat sinar Katoda :

1. Memiliki Energi
2. Memendarkan kaca

3. Membelok dalam medan listrik dan medan magnet.
4. Jika ditembakkan pada logam menghasilkan sinar X
5. Bergerak cepat menurut garis lurus dan keluar tegak lurus dari Katoda.

Simpangan sinar katoda dalam medan listrik dan medan magnet menunjukkan bahwa sinar ini bermuatan negatif.

Thomson dapat menunjukkan bahwa partikel sinar katoda itu sama bila katoda diganti logam lain. Jadi partikel-partikel sinar katoda ada pada setiap logam yang disebut *elektron*.

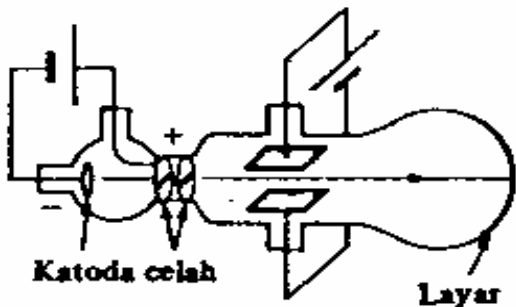
Tanpa mngenal lelah dan menyerah, akhirnya Thomson dapat mengukur massa elektron, ternyata muatan elektron  $1,6021 \cdot 10^{-19}$  Coulomb dan massa elektron  $9,1090 \cdot 10^{-31}$  Kg.

Terjadinya sinar katoda dapat diterangkan sebagai berikut:

Pada tekanan yang sangat kecil, letak molekul-molekul udara sangat renggang, dalam gerakannya menuju katoda (-), ion-ion positif membentur katoda dengan kecepatan tinggi. Benturan-benturan tersebut mengakibatkan terlepasnya elektron-elektron dari logam katoda.

### c. Percobaan Thomson

J.J Thomson (1856-1940) menamakan partikel bermuatan negatif tersebut dengan **elektron**. Sekitar tahun 1897, dia yang pertama kali menentukan perbandingan antara muatan dan massa elektron. Thomson menggunakan prinsip bahwa partikel-partikel yang bergerak melalui medan magnetik akan dibelokkan.

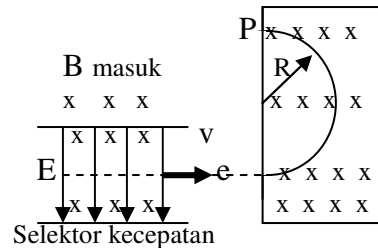


Gambar diatas menunjukkan skema rangkaian peralatan yang digunakan oleh Thomson. Jika sebuah partikel bermuatan  $e$  dan kecepatan  $v$  memotong tegak lurus daerah medan magnetik  $B$ , maka partikel akan menempuh lintasan berbentuk lingkaran dengan jari-jari  $R = \frac{m \cdot v}{B \cdot e}$  dengan  $m$  dan  $e$  adalah massa dan muatan partikel, sehingga perbandingannya

$$\frac{e}{m} = \frac{V}{r B}$$

$r$  dan  $B$  dapat diukur, sedangkan  $v$  belum diketahui. Untuk mengukur  $v$  digunakan *Spektrometer massa*.

Partikel bermuatan  $e$  yang diletakkan dalam medan listrik akan mengalami gaya listrik sebesar  $F_{\text{listrik}} = e \cdot E$  partikel bermuatan ini akan menyimpang dalam medan listrik. Penyimpangan ini dapat diiadakan dengan memasang medan magnetik  $B$  dan kapasitor, yang arah garis gayanya tegak lurus dengan arah medan listrik  $E$ . alat ini disebut sebagai **Selektor kecepatan**. Karena dapat memilih kecepatan partikel yang akan diteruskan.



Partikel bermuatan mula-mula dikirim melalui sebuah alat Selektor kecepatan.. Kemudian partikel ini memasuki daerah medan magnetik  $B$  (mengarah kedalam kertas). Hal ini menyebabkan ion  $e$  bergerak dengan lintasan setengah lingkaran dan menumbuk film fotografik di  $P$ .

Medan magnetik  $B$  akan menghasilkan gaya Lorentz sebesar  $F_{\text{Lorentz}} = B \cdot e \cdot v$  inilah gaya yang meniadakan gaya listrik  $F_{\text{Listrik}}$ , sehingga elektron dalam kapasitor tetap berjalan lurus.

Maka:

$$F_{\text{listrik}} = F_{\text{Lorentz}}$$

$$e \cdot E = B \cdot e \cdot v$$

$$v = \frac{E}{B}$$

$E$  dan  $B$  dapat diukur, sehingga kecepatan partikel dapat ditentukan. Dengan demikian

dapat diketahui nilai perbandingan  $\frac{e}{m}$

Thomson mendapat hasil :

$$\frac{e}{m} = 1,7588 \cdot 10^{11} \text{ Coulomb Kg}^{-1}$$

### 3. Percobaan tetes minyak Millikan (Millikan Oil Drop)

J.J Thomson berhasil menentukan nilai  $\frac{e}{m}$  elektron, tetapi belum berhasil mengukur besar muatan  $e$  elektron. Orang yang berhasil menentukan besar muatan elektron adalah

**Robert Andrew Millikan** yang terkenal dengan eksperimen tetes minyak.

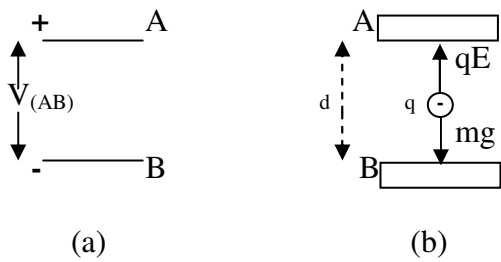


Diagram skematik peralatan Millikan ditunjukkan pada gambar diatas :

Dua keping logam paralel horisontal A dan B dipisahkan dengan jarak  $d$  dalam orde milimeter. Minyak disemprotkan pada bagian atas keping dan ada beberapa tetes minyak yang memasuki lubang kecil pada keping A.

Sinar cahaya diarahkan horisontal diantara keping-keping. Sebuah teleskop diatur sehingga sumbunya tegak lurus pada sinar cahaya. Minyak yang jatuh disinari oleh cahaya sehingga dapat diamati melalui teleskop. Tetes itu terlihat seperti bintang kecil yang sangat terang, jatuh perlahan dengan suatu kecepatan terminal. Kecepatan minyak dapat ditentukan melalui hubungan berat minyak dengan gaya hambat udara karena kekentalannya.

Metode sederhana untuk mengukur muatan tetes minyak yang jatuh adalah sebagai berikut. Anggap tetes minyak bermuatan negatif. Keping-keping diberi beda potensial sehingga antara keping-keping terdapat medan listrik kebawah sebesar:  $E = \frac{V(AB)}{d}$  dengan mengatur medan listrik  $E$  dapat dihasilkan gaya listrik  $F = E \cdot q$  yang tepat sama dengan berat tetes minyak  $m \cdot g$  maka dalam keadaan ini, tetes minyak akan diam.

$F_{\text{listrik}} = \text{berat tetes minyak}$

$$E \cdot q = m \cdot g$$

$$q = \frac{m \cdot g}{E}$$

Massa tetes minyak sama dengan hasil kali massa jenis dan volumenya (Bola)  $V = \frac{4\pi r^3}{3}$  ;

$$E = \frac{V(AB)}{d} \text{ sehingga } q = \frac{\rho \frac{4\pi r^3}{3} g}{\frac{V(AB)}{d}}$$

$$q = \frac{4\pi \rho \cdot r^3 \cdot g \cdot d}{3V(AB)}$$

Semua besaran yang terdapat di ruas kanan dapat diukur, kecuali jari-jari tetes minyak  $r$ , orde tetes minyak  $10^{-5}$  cm sehingga terlalu kecil untuk diukur langsung, jari-jari ini dapat kita hitung dengan mengukur *kecepatan terminal*  $V_t$  tetes minyak, karena tetes minyak jatuh melalui jarak  $d$  diukur dari garis acuan dalam okuler teleskop.

*Kecepatan terminal* adalah saat berat  $m \cdot g$  tepat setimbang dengan gaya hambat kekentalan udara  $f$ . gaya kekentalan sebuah bola dengan jari-jari  $r$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam suatu fluida dengan kekentalan  $\eta$  (etha), diberikan oleh **Hukum Stokes** sebagai:

$$f = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

Dengan demikian:

$$m \cdot g = f \rightarrow \frac{4\pi r^3}{3} \cdot \rho \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v_t$$

$$r^3 = \frac{27}{2g} \sqrt{\frac{\eta^3 v^3}{2 \cdot \rho \cdot g}} \text{ jika } r^3 \text{ ini kita masukkan ke}$$

dalam persamaan ( $q = \dots$ ), kita dapatkan:

$$q = 18\pi \frac{d}{V(AB)} \sqrt{\frac{\eta^3 v^3}{2 \cdot \rho \cdot g}}$$

Millikan dan asistennya mengukur ribuan tetes minyak. Ia mendapatkan bahwa dalam batas kesalahan percobaan setiap tetes selalu memiliki muatan yang sama dengan kelipatan muatan elementer ( $e$ ) dan tidak pernah bernilai desimal kelipatannya ( $e, 2e, 3e, \dots$ ).

Nilai muatan  $e$  yang didapat oleh Millikan adalah:

$$e = 1,602192 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

#### 4. Konsep Atom Menurut Rutherford

Dalam percobaannya, *Ernest Rutherford* (1871-1937) menembakkan partikel  $\alpha$  (alfa) pada kepingan emas yang tipis dengan tebal 1/100 mm. partikel alfa adalah partikel yang mempunyai massa 7000 kali massa elektron.

Hasil pengamatan menunjukkan adanya partikel-partikel yang dihamburkan, dibelokkan dan dipantulkan. Adalah sangat mustahil jika partikel alfa dibelokkan oleh elektron yang massanya sangat kecil.

Berdasarkan hasil eksperimennya, Rutherford menyangkal teori atom J.J Thomson.

Pada tahun 1911 ia menyusun model atom yang baru.

#### Model atom menurut Rutherford:

1. Atom sebagian besar terdiri dari ruang hampa dengan satu inti yang bermuatan

positif dan satu atau beberapa elektron yang beredar disekitar inti, seperti planet-planet yang bergerak dalam sistem tata surya. Massa atom sebagian besar terletak pada intinya.

2. Atom secara keseluruhan bersifat netral, muatan positif pada inti sama besarnya dengan muatan elektron yang beredar di sekitarnya. Muatan positif pada inti besarnya sama dengan nomer atom dikalikan dengan muatan elementer.
3. Inti dan elektron tarik-menarik. Gaya tarik menarik ini merupakan gaya sentripetal yang mengendalikan gerak elektron pada orbitnya masing-masing seperti grafitasi dalam tata surya.
4. Pada reaksi kimia, inti atom tidak mengalami perubahan. Yang mengalami perubahan ialah elektron-elektron pada kulit terluar.

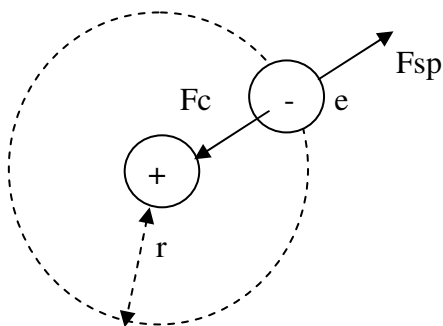
➤ **Catatan :**

- ✓ Ion (+) adalah atom yang kekurangan elektron (telah melepas e)
- ✓ Ion (-) adalah atom yang kelebihan elektron (menyerap e).

Demikianlah model atom Rutherford dianggap lebih baik daripada model atom Thomson.

Walaupun demikian model atom Rutherford masih harus diuji dengan percobaan-percobaan. Menurut Rutherford, elektron-elektron beredar di sekeliling inti. Sebagai contoh, atom Hidrogen adalah atom yang paling sederhana, karena hanya ada satu elektron. Jika jari-jari lintasan elektron  $r$ , energi potensial elektron pada orbitnya

$$E_p = -k \frac{e^2}{r}$$



$e$  adalah muatan elementer, dan  $m$  adalah massa elektron

Gaya tarik-menarik antara inti dan elektron sama dengan gaya sentripetal yang bekerja pada elektron.

$$F_c = F_{sp} \rightarrow k \cdot \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$k \cdot \frac{e^2}{r} = mv^2. \text{ Sehingga } \underline{\text{energi kinetik}}$$

elektron pada orbitnya, dari  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

$$E_k = \frac{1}{2} k \frac{e^2}{r}$$

Energi total elektron :

$$E = E_p + E_k \rightarrow E = -k \frac{e^2}{r} + \frac{1}{2} k \frac{e^2}{r}$$

$$E = -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r}$$

Dari bahasan diatas, dapat ditarik kesimpulan, bahwa semakin kecil jari-jari orbit elektron, semakin kecil pula energinya.

Gerakan elektron adalah arus listrik, akibat gerakan elektron atom, maka terjadi medan magnet. Sehingga perubahan medan magnet menimbulkan perubahan medan listrik. Dengan perkataan lain, gerakan elektron menimbulkan gelombang elektromagnetik.

Jadi selama elektron beredar, senantiasa dipancarkan energi berupa gelombang elektromagnetik. Energi elektron semakin mengecil sejalan dengan mengecilnya jari-jari elektron

Lintasan elektron tidak lagi berupa lingkaran, tetapi berupa pilin (seperti Obat Nyamuk) yang pada akhirnya elektron jatuh ke dalam inti, sehingga atom itu tidak stabil.

Hal itulah yang merupakan kelemahan pertama terhadap teori Rutherford.

Bila lintasan elektron semakin menciut, periode putaran elektron menjadi semakin kecil, frekwensi gelombang yang dipancarkan berubah pula. Pengamatan menunjukkan bahwa spektrum uap hidrogen terdiri atas garis-garis yang frekuensinya tertentu.

Hal itulah yang juga merupakan kelemahan kedua terhadap teori Rutherford

Ringkasnya kelemahan teori atom Rutherford adalah :

1. Tidak dapat menjelaskan kestabilan atom
2. Tidak dapat menjelaskan spektrum garis atom hidrogen

### 5. Spektrum uap Hidrogen

Pengamatan spektroskopis menunjukkan bahwa spektrum gas Hidrogen terdiri atas deretan garis-garis. Deretan garis ini diberi nama menurut orang yang menemukannya

Secara Empirik, Balmer menemukan rumus yang cocok dengan panjang gelombang deretan

Balmer.

$$\lambda = 3645,6 \left( \frac{n^2}{n^2 - 4} \right) \text{Angstrom}$$

n=3,4,5,... dst.

Rumus ini oleh Rydberg diperbaiki menjadi

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{Angstrom}^{-1}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{Angstrom}^{-1}$$

R adalah tetapan Rydberg =  $1,097 \cdot 10^{-7} \text{ m}$   
n = 3,4,5,... dst

Rumus ini sesuai pula untuk deret Lyman dan Paschen

- Untuk deret Lyman  $\frac{1}{2^2}$  diganti dengan  $\frac{1}{1^2}$   
dan n = 2,3,4,...dst.
- Untuk deret Paschen  $\frac{1}{2^2}$  diganti dengan  $\frac{1}{3^2}$   
dan n = 4,5,6,...dst.

#### 4. Konsep Atom Menurut Bohr

Hasil pengamatan spektroskopis terhadap spektrum atom Hidrogen telah membuka kelemahan-kelemahan model atom Rutherford. Dari kenyataan ini dapat ditafsirkan beberapa kemungkinan:

1. Model atom Rutherford salah, atau
2. Teori Elektrodinamika klasik salah, atau
3. Model atom Rutherford dan teori Elektrodinamika klasik hanya berlaku untuk batas-batas tertentu.

Pada tahun 1913, Niels Bohr (1885-1962) menyusun model atom Hidrogen berdasarkan model atom Rutherford dan teori Kuantum.

##### a. Postulat Bohr

1. Elektron tidak dapat berputar dalam lintasan yang sembarang, elektron hanya dapat berputar pada lintasan tertentu tanpa memancarkan energi. Lintasan ini disebut lintasan stasioner. Besar momentum anguler elektron pada lintasan stasioner ini adalah :

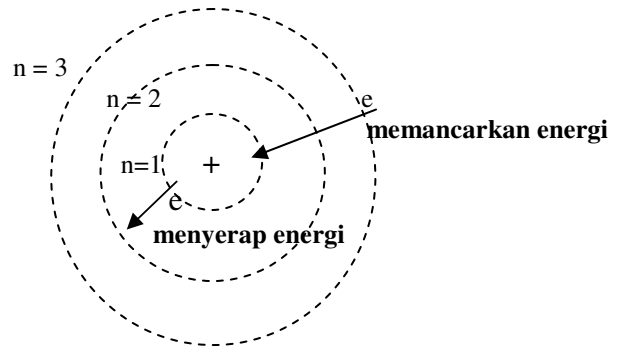
$$L = m v r = \frac{nh}{2\pi}$$

n = 1,2,3, ...

n disebut bilangan kuantum (kulit) utama

2. Elektron yang berpindah dari kulit yang lebih dalam ke luar akan menyerap energi dan elektron yang berpindah dari kulit yang

lebih luar ke bagian dalam akan memancarkan energi.



##### b. Jari-jari Lintasan Elektron

Elektron yang jari-jari lintasannya r memiliki, persamaan umum untuk sembarang lintasan :

$$r_n = n^2 r_1$$

dengan  $r_1 = 0,53 \text{ \AA}$ , dan n = 1,2,3,... dst.

Perbandingan jari-jari lintasan elektron

##### c. Spektrum Gas Hidrogen Menurut Bohr

Bila elektron meloncat dari lintasan yang energinya tinggi ke lintasan yang energinya rendah, dipancarkan energi sebesar h.f mengikuti spektrum "LBPBP" (Lyman, Balmer, Paschen, Brackett, Pfund), dengan persamaan :

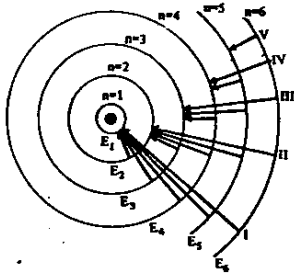
$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right)$$

$n_A$  = Kulit yang dituju

$n_B$  = Kulit yang ditinggalkan

$R = 1,097 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

- **Deret Lyman** (deret Ultra Ungu)  
 $n_A = 1$  dan  $n_B = 2, 3, 4 \dots$
- **Deret Balmer** (deret Cahaya tampak)  
 $n_A = 2$  dan  $n_B = 3, 4, 5, \dots$
- **Deret Paschen** (deret Inframerah I)  
 $n_A = 3$  dan  $n_B = 4, 5, 6, \dots$
- **Deret Brackett** (deret Inframerah II)  
 $n_A = 4$  dan  $n_B = 5, 6, 7, \dots$
- **Deret Pfund** (deret Inframerah III)  
 $n_A = 5$  dan  $n_B = 6, 7, 8, \dots$



- I = deret Lyman, deret ultraviolet
- II = deret Balmer, spektrum tampak
- III = deret inframerah pertama
- IV = deret inframerah kedua
- V = deret inframerah ketiga

**d. Energi**

Energi untuk kulit ke-n memenuhi persamaan :

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad n = 1,2,3, \dots$$

Apabila terjadi perpindahan (transisi) elektron dari satu kulit ke kulit yang lain, maka memerlukan energi :

$$\Delta E = E_B - E_A$$

**e. Energi Ionisasi**

Untuk membangkitkan elektron dari kuantum  $n_A$  ke kuantum  $n_B$  diserap energi sebesar:

$$E = E_B - E_A \rightarrow E = -k \frac{e^2}{2r_B} - \left( -k \frac{e^2}{2r_A} \right) = \frac{k \cdot e^2}{2} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

dengan  $r = \frac{n^2 \cdot h^2}{4\pi^2 k e^2 m}$ , sehingga :

$$E = \frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2} \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) \text{Joule}$$

Dengan mensubstitusikan nilai m,e,k,h maka diperoleh

$$E = 13,6 \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) eV$$

Bila elektron terbangkit sampai kuantum  $\infty$ , maka elektron itu lepas dari lingkungan atom dan atom tersebut menjadi ion (+).

Energi yang diserap untuk meng-ion-kan atom disebut Energi Ionisasi.

Besar Energi Ionisasi atom Hidrogen:

$$E = 13,6 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{\infty} \right) eV$$

$$E = \frac{13,6}{n^2} eV$$

untuk  $n = 1$  besar  $E = 13,6 eV$

Sebaliknya jika ion Hidrogen mengikat sebuah elektron akan dipancarkan energi sebesar:

$$E = \frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2} \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{\infty} \right) \text{Joule}$$

Besar Frekuensi foton yang dipancarkan

$$h \cdot f = \frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2 \cdot n^2}$$

$$f = \frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^3 \cdot n^2}$$

untuk  $n = 2$  diperoleh frekuensi yang sesuai dengan salah satu deret balmer.

Bohr dan Stoner menyusun model atom-atom lainnya berdasarkan model atom Hidrogen. Lintasan elektron dengan bilangan kuantum  $n = 1,2,3,\dots$ dst. Disebut kulit (K,L,M,N,...)

Tiap kulit elektron hanya dapat diisi paling banyak oleh  $2n^2$  elektron-elektron, n adalah bilangan kuantum utama.

**f. Afinitas Elektron**

Elektron yang terlepas dari susunan atom akan ditangkap oleh struktur atom yang lain. Kemampuan sebuah atom untuk menangkap elektron bebas disebut sebagai Afinitas Elektron. Dan atom tersebut menjadi ion (-)

=====000=====

➤ **Contoh Soal dan Pembahasan :**

1. Yang bukan merupakan sifat sinar katode adalah ....
- merambat lurus
  - dapat menimbulkan panas
  - bermuatan negatif
  - membelok dalam medan magnetik
  - tidak bermassa

Jawaban : E

Sinar katode memiliki massa.

2. Percobaan hamburan Rutherford menghasilkan kesimpulan .....
- atom adalah bagian terkecil dari unsur
  - elektron adalah bagian atom yang bermuatan listrik negatif
  - atom memiliki massa yang tersebar secara merata
  - massa atom terpusat di suatu titik yang disebut inti
  - elektron mengelilingi inti pada lintasan tertentu

Jawaban : D

Kesimpulan Rutherford menghasilkan model atom sebagai berikut:

- Semua muatan positif dan sebagian besar massa atom berkumpul pada suatu titik di tengah-tengah atom yang disebut inti atom.
- Inti atom dikelilingi oleh elektron-elektron pada jarak yang relatif jauh.

3. Menurut model atom Bohr, elektron bergerak mengelilingi inti hanya pada lintasan tertentu, dan besarnya momentum angular elektron pada lintasan itu adalah ...
- berbanding terbalik dengan tetapan Planck
  - berbanding lurus dengan tetapan Planck
  - berbanding lurus dengan tetapan Rydberg
  - berbanding terbalik dengan tetapan Rydberg
  - berbanding terbalik dengan momentum linear

Jawaban : B

Menurut model atom Bohr, momentum sudut  $L = m v r = \frac{nh}{2\pi}$ ;  $h$  = tetapan Planck  
Momentum sudut ( $L$ ) berbanding lurus dengan tetapan Planck.

4. Dalam postulat Bohr tentang momentum sudut, tersirat sifat gelombang elektron. Panjang gelombang  $\lambda$  elektron yang

bergerak dalam suatu orbit berjari-jari  $r$  memenuhi .... ( $n$  adalah bilangan bulat).

- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| A. $r = n\lambda$          | D. $r = \frac{\lambda}{n}$        |
| B. $2\pi r = n\lambda$     | E. $2\pi r = \frac{\lambda}{n^2}$ |
| C. $2\pi r = n^2\lambda$ . |                                   |

Jawaban : B

Menurut Bohr:  $L = m v r = \frac{nh}{2\pi}$

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \rightarrow 2\pi r = n \frac{h}{mv}$$

Menurut de Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{mv}, \text{ maka: } 2\pi r = n\lambda$$

5. Pemancaran sinar ultraviolet pada atom hidrogen, terjadi apabila elektron berpindah dari ...
- lintasan 1 ke lintasan 2
  - lintasan 2 ke lintasan 4
  - lintasan 3 ke lintasan 2
  - lintasan 4 ke lintasan 1
  - lintasan 4 ke lintasan 2

Jawaban : D

Sinar ultraviolet (deret Lyman) terjadi ketika elektron dari lintasan luar ( $n = 2, 3, 4, \dots$ ) ke lintasan  $n = 1$ .

6. Berdasarkan model atom Bohr, tetapan Rydberg =  $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ . Jika terjadi transisi elektron dari lintasan  $n = 4$  ke lintasan  $n = 2$ , dipancarkan foton dengan panjang gelombang ..... m.
- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| A. $1,82 \times 10^{-7}$ | D. $4,86 \times 10^{-7}$ |
| B. $2,43 \times 10^{-7}$ | E. $7,29 \times 10^{-7}$ |
| C. $3,65 \times 10^{-7}$ |                          |

Jawaban : D

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) \\ &= 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) / \text{m} \\ &= 1,097 \times 10^7 \left( \frac{3}{16} \right) \end{aligned}$$

$$\lambda = 4,86 \times 10^{-7} \text{ m}$$

7. Menurut teori atom Bohr, elektron bermassa  $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  pada atom hidrogen dengan jari-jari  $0,53 \text{ \AA}$  akan mempunyai kecepatan sebesar ...
- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| A. $\frac{c}{2}$ | D. $\frac{c}{100}$ |
|------------------|--------------------|

B.  $\frac{c}{5}$   
 C.  $\frac{c}{13}$

E.  $\frac{c}{137}$

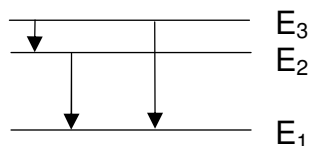
Jawaban : E

$r = 0,53 \text{ \AA}$  berarti elektron pada bilangan kuantum  $n = 1$  (dasar). Rumus praktis :

$$v_n = \frac{2,2 \times 10^6}{n} = 2,2 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$\frac{v}{c} = \frac{2,2 \times 10^6}{3 \times 10^8} \text{ m/s} \rightarrow v = \frac{1}{137} \text{ m/s}$$

8.



Pada gambar di atas tampak tingkatan energi  $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$  pada atom. Pada transisi elektron dari  $E_3$  ke  $E_2$  radiasi sinar ultraviolet mempunyai panjang gelombang  $2,4 \times 10^{-7} \text{ m}$ . Pada transisi elektron dari  $E_2$  ke  $E_1$  dihasilkan panjang gelombang  $8 \times 10^{-8} \text{ m}$ . Panjang gelombang sinar yang diradiasikan bila terjadi transisi dari  $E_3$  ke  $E_1$  adalah .....

- A.  $3 \times 10^{-8} \text{ m}$                       D.  $16 \times 10^{-8} \text{ m}$   
 B.  $6 \times 10^{-8} \text{ m}$                       E.  $20 \times 10^{-8} \text{ m}$   
 C.  $12 \times 10^{-8} \text{ m}$

Jawaban : B

$$\Delta E_{31} = \Delta E_{32} + \Delta E_{21}; \text{ karena } \Delta E \propto \frac{1}{\lambda},$$

maka

$$\frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{2,4 \times 10^{-7}} + \frac{1}{8 \times 10^{-8}} / \text{m}$$

$$= \frac{4}{2,4 \times 10^{-8}} / \text{m}$$

$$\lambda_{31} = \frac{2,4 \times 10^{-8}}{4} \text{ m} = 6 \times 10^{-8} \text{ m}$$

9. Elektron di dalam tabung sinar-X diberi beda potensial 10,0 kilovolt. Jika sebuah elektron menghasilkan satu foton pada saat elektron tersebut menumpuk target, panjang gelombang minimum yang dihasilkan oleh tabung tersebut dalam nm adalah .....

- A. 0,0124                                  D. 12,4  
 B. 0,124                                    E. 124  
 C. 1,24

Jawaban : B

Energi potensial listrik elektron ( $E_p$ ) berubah menjadi energi sinar-X ( $E_{chy}$ ):

$$eV = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow V = \frac{hc}{e\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{eV} \rightarrow \lambda = \frac{6,62 \times 10^{-34} (3 \times 10^8)}{1,6 \times 10^{-19} (10^4)} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,124 \text{ nm}$$

10. Sebuah tabung sinar-X menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang minimum  $\lambda$ . Beda potensial antara katode dan anode yang diperlukan untuk menghasilkan sinar ini adalah ... ( $h$  = tetapan Planck;  $e$  = muatan listrik elektron;  $c$  = kelajuan cahaya).

- A.  $\frac{h\lambda}{e}$                                       D.  $\frac{hc}{\lambda}$   
 B.  $\frac{h\lambda}{c}$                                       E.  $\frac{h}{ce\lambda}$   
 C.  $\frac{hc}{e\lambda}$

Jawaban : C

Energi potensial elektron  $\rightarrow$  Energi gelombang sinar-X, maka:

$$eV = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow V = \frac{hc}{e\lambda}$$

=====000=====

➤ Soal-soal :



- Lepasnya elektron dari permukaan logam karena logam itu dipanaskan disebut ...
  - emisi rangsangan
  - emisi termionik
  - emisi spontan
  - emisi fotolistrik
  - emisi elektronik
- Sinar katode ...
  - terdiri dari muatan-muatan yang negatif
  - dapat menimbulkan kalor pada benda-benda yang ditumbuknya
  - dapat dibelokkan oleh medan listrik
  - dibelokkan ke arah kutub utara suatu magnet
 Pernyataan diatas yang sesuai adalah :
  - 1, 2 dan 3
  - 1 dan 3
  - 2 dan 4
  - 4
  - semua benar
- Perbandingan antara muatan dengan massa elektron adalah  $1,7588 \times 10^{11}$  coulomb/kg. Hal ini diselidiki oleh seorang ahli fisika bernama .....
  - Thomson
  - Millikan
  - W.K. Roentgen
  - John Dalton
  - Rutherford
- Salah satu konsep atom menurut Dalton adalah..
  - molekul terdiri dari atom-atom
  - massa keseluruhan atom berubah
  - atom tidak bergabung dengan atom lainnya
  - atom tidak dapat membentuk suatu molekul
  - atom dapat dipecah-pecah lagi
- Salah satu model atom menurut Bohr adalah
  - elektron bergerak dengan lintasan stasioner
  - energi foton yang terpancar berbanding terbalik dengan  $f$
  - tidak memiliki momentum angular
  - atom merupakan bola pejal bermuatan positif
  - atom tidak dapat dipecah-pecah lagi
- Sebuah atom akan memancarkan foton, apabila salah satu elektronnya ...
  - meninggalkan atom itu
  - bertumbukan dengan elektron lainnya
  - bertukar tingkat energi dengan elektron yang lain
  - mengalami transisi ke tingkat energi yang lebih rendah
  - mengalami transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi
- Jika konstanta Rydberg  $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ , maka panjang gelombang terbesar dari deret Balmer adalah ...
  - 1215 Å
  - 4050 Å
  - 5127 Å
  - 6563 Å
  - 8752 Å
- Energi foton sinar tampak yang dipancarkan atom hidrogen ketika terjadi transisi elektron dari kulit ke-4 ke kulit ke-2 adalah ...
  - 13,6 eV
  - 6,8 eV
  - 3,4 eV
  - 2,55 eV
  - 54,4 eV
- Spektrum air raksa mengandung garis 435,8 nm di dalam daerah biru. Jika tetapan Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ , maka selisih tingkat energi di dalam atom yang menimbulkan garis itu adalah
  - $5,27 \times 10^{-15} \text{ J}$
  - $4,23 \times 10^{-16} \text{ J}$
  - $6,05 \times 10^{-17} \text{ J}$
  - $5,51 \times 10^{-15} \text{ J}$
  - $4,56 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Bila terjadi transisi elektron dalam orbit atom hidrogen, maka frekuensi terbesar terjadi jika elektron pindah .....
  - dari  $n = 2$  ke  $n = 1$
  - dari  $n = 3$  ke  $n = 2$
  - dari  $n = 4$  ke  $n = 3$
  - dari  $n = 4$  ke  $n = 2$
  - dari  $n = 5$  ke  $n = 2$
- Jika energi elektron atom hidrogen pada tingkat dasar -13,6 eV, maka energi yang diserap atom hidrogen agar elektronnya tereksitasi dari tingkat dasar ke lintasan kulit  $M$  adalah ....
  - 6,82 eV
  - 8,53 eV
  - 9,07 eV
  - 10,20 eV
  - 12,09 eV
- Bila elektron berpindah dari kulit  $M$  ke kulit  $K$  pada atom hidrogen dan  $R$  adalah konstanta Rydberg, maka panjang gelombang yang terjadi besarnya ....
  - $\frac{8}{9R}$
  - $\frac{9}{8R}$
  - $\frac{17}{9R}$
  - $\frac{9}{17R}$
  - $\frac{1}{R}$
- Elektron atom hidrogen model Bohr mengelilingi intinya dengan bilangan kuantum  $n$ . Bila energi ionisasi atom itu bernilai kali energi ionisasi atom itu

dalam keadaan dasarnya, maka nilai  $n$  itu adalah ...

- A. 2
- B. 4
- C. 8
- D. 16
- E. 32

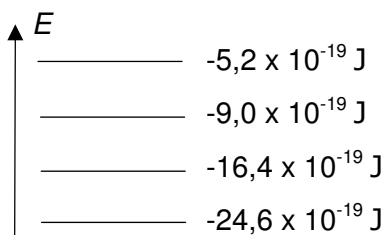
14. Dalam model atom Bohr, elektron atom hidrogen yang mengorbit di sekitar inti atom membangkitkan kuat arus listrik rata-rata sebesar 0,8 miliampere pada suatu titik di orbit lintasannya. Bila besar muatan elektron adalah  $1,6 \times 10^{-19}$  coulomb, maka jumlah putaran per detik elektron tadi mengelilingi inti adalah ...

- A.  $5 \times 10^{12}$
- B.  $5 \times 10^{13}$
- C.  $5 \times 10^{15}$
- D.  $5 \times 10^{16}$
- E.  $5 \times 10^{18}$

15. Pada model atom Bohr, elektron atom hidrogen bergerak dengan orbit lingkaran dengan laju sebesar  $2,2 \times 10^6$  m/s. Besarnya arus pada orbit tersebut... ( $e = 1,6 \times 10^{-19}$  coulomb,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  kg).

- A. 1,06 pA
- B. 1,06 nA
- C. 1,06  $\mu$ A
- D. 1,06 mA
- E. 1,06 A

16. Diagram di bawah ini menunjukkan empat tingkatan energi suatu atom logam.



Dari pengolahan data di atas, dengan mengendalikan transisi ke tingkatan energi yang lebih rendah selalu mungkin, dapat ditarik kesimpulan bahwa.....

- (1) ada 6 garis spektrum yang mungkin terjadi akibat transisi elektron.
- (2) panjang gelombang minimum spektrum emisinya  $1 \times 10^{-7}$  m.
- (3) panjang gelombang maksimum spektrum emisinya  $5 \times 10^{-7}$  m.
- (4) ada komponen spektrum emisi yang merupakan sinar tampak.

Pernyataan diatas yang sesuai adalah :

- A. 1, 2 dan 3
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 4
- D. 4
- E. semua benar

17. Perbandingan frekuensi yang dipancarkan foton apabila elektron pindah dari orbit 2 ke orbit 1 dengan elektron yang pindah dari orbit 4 ke orbit 1 adalah ....

- A. 4 : 5
- D. 2 : 4.

- B. 4 : 2
- C. 4 : 1
- E. 1 : 4

18. Sebuah elektron dengan massa  $m$  bergerak dengan kelajuan  $u$  menumbuk sebuah atom berkurang menjadi  $v$ . Kelajuan atom tidak berkurang tetapi satu buah elektronnya dipindahkan ke tingkat energi yang lebih tinggi dan kemudian kembali ke tingkat energi asalnya dengan memancarkan radiasi foton. Jika  $h$  adalah tetapan Planck, maka frekuensi radiasi adalah ....

- A.  $\frac{m(u^2 - v^2)}{2h}$
- B.  $\frac{m(v^2 - u^2)}{2h}$
- C.  $\frac{m(u^2 + v^2)}{2h}$
- D.  $\frac{mu^2}{2h}$
- E.  $\frac{mv^2}{2h}$

19. Sebuah elektron bermassa  $m$  kg dan bermuatan  $q$  coulomb dilepas tanpa kecepatan awal dari sebuah katode dan kemudian bergerak dipercepat menuju anode. Ketika menumbuk anode, elektron hilang, dan sebagai konsekuensinya dipancarkan foton dari anode dengan panjang gelombang  $\lambda$  meter. Jika  $h =$  konstanta Planck dalam joule-detik dan  $c =$  kecepatan foton dalam m/s, beda potensial  $V$  (dalam volt) antara anode dan katode adalah ..

- A.  $\frac{hc}{q\lambda}$
- B.  $\frac{q\lambda}{hc}$
- C.  $\frac{mhc}{q\lambda}$
- D.  $\frac{hc}{mq\lambda}$
- E.  $\frac{mq\lambda}{hc}$

20. Ditinjau berkas foton dan elektron monoenergetik dengan panjang gelombang de Broglie yang sama, yaitu  $5 \text{ \AA}$ . Dapat disimpulkan bahwa bila  $E_f$  dan  $E_e$  berturut-turut adalah energi foton dan elektron, maka  $E_f/E_e$  dekat nilainya dengan ....

- A.  $6,4 \times 10^8$
- B.  $2,3 \times 10^4$
- C.  $1 \times 10^3$
- D.  $8,5 \times 10^2$
- E.  $4,1 \times 10^2$

=====000=====