

MATA KULIAH : FISIKA DASAR II  
KODE MK : EL-122  
Dosen : Dr. Budi Mulyanti, MSi

### **Pertemuan ke-15**

#### **CAKUPAN MATERI**

1. EKSITASI ATOMIK
2. SPEKTRUM EMISI HIDROGEN
3. DERET SPEKTRUM HIDROGEN
4. TINGKAT ENERGI DAN SPEKTRUM ZAT PADAT
5. SINAR -X
6. LASER

#### **SUMBER-SUMBER:**

1. Frederick Bueche & David L. Wallach, Technical Physics, 1994, New York, John Wiley & Sons, Inc
2. Tipler, Fisika Untuk sains dan Teknik (terjemah oleh Bambang Soegijono), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1991
3. Gancoli Douglas C, Fisika 2 (terjemah), 2001, Penerbit Erlangga, Edisi 5.
4. Sears & Zemansky, Fisika Untuk Universitas 3 (Optika & Fisika Modern), 1991, Jakarta-New York, Yayasan Dana Buku Indonesia
5. Frederick J. Bueche, Seri Buku Schaum Fisika, 1989, Jakarta, Penerbit Erlangga
6. Halliday & Resnick, Fisika 2, 1990, Jakarta, Penerbit Erlangga
7. Sutrisno, Seri Fisika Dasar (Fisika Modern), 1989, Bandung, Penerbit ITB

#### **6.4 EXITASI ATOMIK**

Atom H di alam selalu dalam  $n = 1$  (keadaan dasar). Ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

Energi pada keadaan  $n = 1$  adalah  $-13,6 \text{ eV}$ , sementara pada  $n = 2$ ,  $E = -3,4 \text{ eV}$ , perbedaannya  $10,2 \text{ eV}$ . Menurut termodinamika sistem akan memilih keadaan energi terendah, yaitu  $n = 1$ .

Diperlukan energi sebesar  $10,2 \text{ eV}$  untuk menaikkan elektron ke  $n = 2$ . Energi tersebut sangat besar, mengingat energi kinetik gerak thermal hanya sekitar  $0,04 \text{ eV}$  pada temperatur kamar. Foton dari cahaya tampak mempunyai energi  $\approx 10 \text{ eV}$ . Ini tidak mempengaruhi atom H.

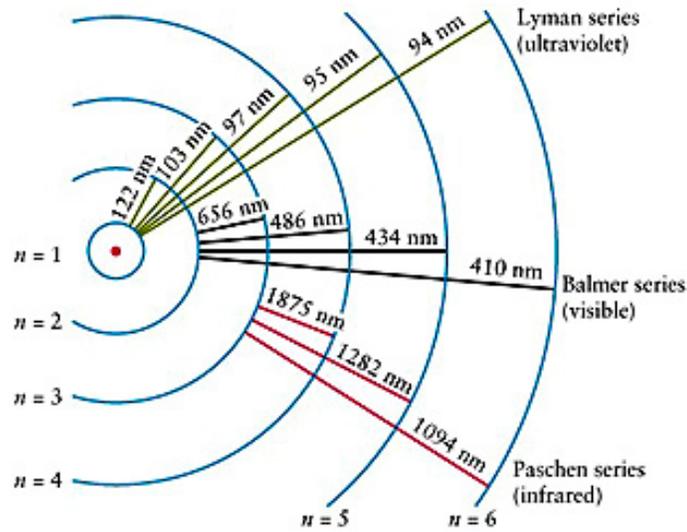
Sebuah atom dapat dinaikkan ke keadaan yang lebih tinggi dengan cara tumbukan dengan elektron energi tinggi. Misalkan atom H ditempatkan dalam tabung dengan tegangan tinggi. Di dalam tabung tersebut, banyak elektron ditumbukkan dengan energi  $\gg 10,2 \text{ eV}$ . Jika salah satu elektron tersebut bertumbukkan dengan atom, maka menyebabkan atom tereksitasi ke keadaan-keadaan yang lebih tinggi.

Eksitasi atom juga dapat dilakukan dengan cara tumbukan dengan foton energi tinggi. Foton dengan energi  $10,2 \text{ eV}$  mempunyai  $\lambda = 124 \text{ nm}$  ( $\lambda$  perbatasan antara UV dengan sinar-X). foton dengan energi  $> 13,6 \text{ eV}$  dapat menyebabkan atom H terionisasi.

Atom dapat mengalami eksitasi juga dengan cara bertumbukan dengan atom lain yang mempunyai EK tinggi. Jika H dipanaskan sampai temperatur tinggi, energi thermalnya akan menjadi sangat besar sehingga atom-atom tersebut dapat tereksitasi sesudah bertumbukan. Temperatur tinggi yang diperlukan kira-kira  $1000^0 \text{ C}$ .

## 6.5 SPEKTRUM EMISI HIDROGEN

Atom yang mempunyai elektron dalam keadaan tereksitasi akan kembali dengan cepat ke keadaan dasar dengan memancarkan sebuah foton dengan energi yang tepat sama dengan energi yang dikeluarkan atom. Keadaan tereksitasi bukanlah keadaan stabil. Misalkan atom H seperti pada gambar 5.7. Elektron akan kehilangan energi ketika berpindah ke orbit yang lebih rendah.



Gambar 6.8. Spektrum emisi hidrogen

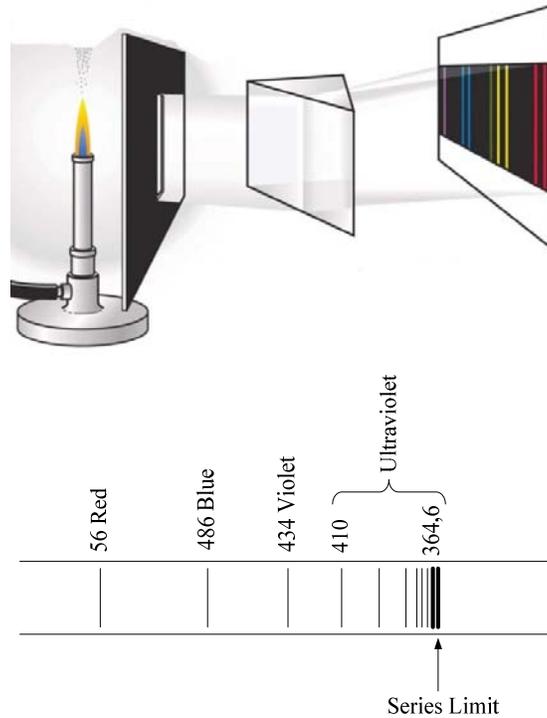
Atom kehilangan energi hanya dengan satu cara, yaitu dengan mengeluarkan foton. Dengan contoh seperti pada gambar, jika elektron H jatuh ke keadaan  $n = 2$  maka energi yang dipancarkan foton :

$$\frac{hc}{\lambda} = E_4 - E_2 = -\frac{13,6}{4^2} - \frac{13,6}{2^2} = 2,55 \text{ eV}$$

Setiap elektron jatuh ke  $n \neq 1$ , maka akan jatuh lagi ke  $n = 1$ . Energi yang hilang untuk tiap-tiap kasus tersebut akan berbeda, sehingga dengan demikian atom H yang tereksitasi akan memancarkan berbagai  $\lambda$  cahaya. Jauh sebelum Einstein menemukan foton, para ahli telah menemukan mengukur  $\lambda_c$  yang dipancarkan oleh atom H.

## 6.6 DERET SPEKTRUM HIDROGEN

Untuk mempelajari cahaya yang dipancarkan oleh atom H tereksitasi, kita dapat menggunakan **spektrometer prisma** atau **spektrometer kisi difraksi**. Spektrometer prisma dengan pancaran cahaya tampak dan di dekat UV nampak pada gambar 5.8



Gambar 6.9 Deret Spektrum hydrogen

Panjang gelombang semua deret garis-garis spektrum H dapat disimpulkan dalam satu rumus umum. Deret garis spektrum yang nampak pada gambar 6.9 ditunjukkan oleh Balmer dengan rumus sederhana:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad , n = 3, 4, \dots, R = 1,0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

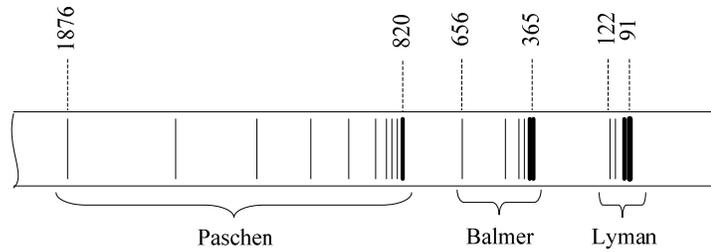
Misalkan  $n = 3$  maka  $\lambda = 656 \text{ nm}$ . Nampak pada gambar 6.10 harga  $\lambda$  tersebut merupakan  $\lambda$  terpanjang dalam deret Balmer.

Untuk  $n = 4$ , maka  $\lambda = 486 \text{ nm}$ . Garis berikutnya pada deret dan  $\lambda$  terpendek sebesar  $365 \text{ nm}$  diperoleh pada  $n = \infty$ .

Dengan perkembangan teknologi, telah ditemukan juga deret Lyman dan Paschen, dimana:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{untuk deret Lyman}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{untuk deret Paschen}$$



Gambar 6.10 Deret Lyman, Balmer dan Paschen

Kesimpulan:

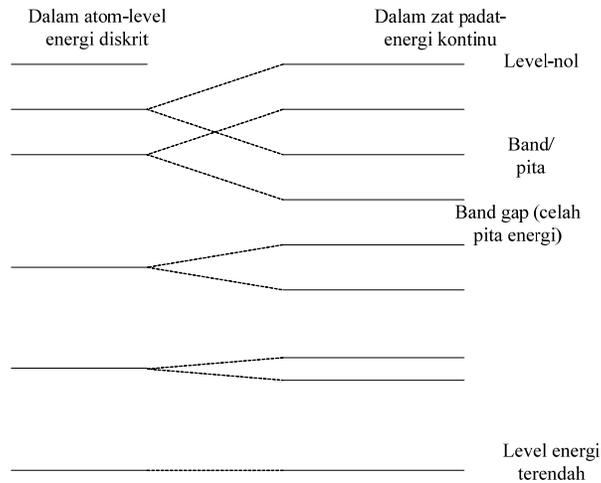
1. Atom H hanya ada pada keadaan (*state*) tertentu.
2. Masing-Masing keadaan menyatakan energi yang tertentu pula, yang ditunjukkan dengan diagram tingkat energi.
3. Jika elektron berada jauh dari atom dan tidak mempunyai energi kinetik (yaitu atom terionisasi) energi pada keadaan ini didefinisikan nol.
4. Keadaan dasar atom mempunyai energi terendah. Atom tak tereksitasi berada pada keadaan ini.
5. Ketika elektron jatuh dari satu tingkatan ke tingkatan yang lebih rendah, maka atom akan berubah dari satu keadaan ke keadaan lain. Foton yang diemisikan mempunyai energi yang sama dengan beda energi antara kedua keadaan tersebut.
6. Energi foton berhubungan dengan  $\lambda$  garis spektrum yang diemisikan yaitu:

$$\text{energi foton } E_f = \frac{hc}{\lambda} = hf$$

## 6.7 TINGKAT ENERGI DAN SPEKTRUM ZAT PADAT

Tidak seperti fasa gas yang memiliki tingkat energi tertentu, fasa padat dan fasa cair suatu zat memiliki tingkat energi yang berupa pita. Kita telah membahas tingkatan energi dan spektrum atom yang terisolasi, dimana level-level tersebut saling terpisahkan sehingga level energi dan  $\lambda$  foton emisi juga terpisahkan (diskrit).

Dalam fasa padat dan cair, elektron-elektron terluar diganggu oleh atom tetangga sehingga energinya pun terganggu. Ini mengakibatkan energi di dekat level nol melebar, sehingga terjadi *overlapping* pada pita energi seperti pada gambar 5.11. Percampuran ini menyebabkan kekontinuan energi. Ini berarti daerah energi &  $\lambda$  foton menyebabkan transisi dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Tidak ada lagi spektrum garis, yang ada adalah pita kontinu (spektrum kontinu). Itulah sebabnya zat padat yang putih panas memancarkan warna yang kontinu karena  $\lambda_f$  yang dipancarkan juga kontinu.

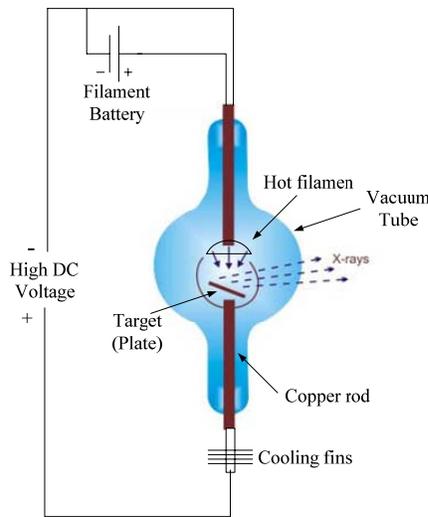


Gambar 6.11. Terbentuknya pita energi pada zat padat

### 6.8 RADIASI SINAR X

Tingkat-tingkat energi akan jauh terpisah untuk atom yang mempunyai jumlah foton besar dalam inti. Misalkan inti H mempunyai muatan  $+50e$  sehingga gaya *Coulomb*-nya pun 50 kali lebih besar. Akibatnya akan diperlukan energi yang jauh lebih besar untuk mengeluarkan elektron dari keadaan dasar.

Demikian juga foton emisi selama transisi akan mempunyai energi yang jauh lebih besar sehingga  $\lambda_f$  akan sangat kecil dalam daerah sinar-X.



Gambar 6.12. Sinar X

Spektrum kontinu sinar-X dibangkitkan jika elektron dengan energi tinggi menumbuk logam. Tabung sinar-X seperti pada gambar 5.12 merupakan tabung *vacuum* dengan dua elektroda. Dan filamen panas memancarkan elektron. Elektron-Elektron ini diakselerasi menuju tabung oleh beda potensial sekitar  $4 \times 10^4 \text{ V}$  ( $E_{elektron} = 4 \times 10^4 \text{ eV}$ ). Jika elektron mengenai target, maka tiba-tiba berhenti. Perlambatan yang tiba-tiba ini menyebabkan adanya emisi radiasi EM. Dan karena perlambatan dapat terjadi dengan banyak cara, maka radiasi (disebut radiasi **Bremsstrahlung**) yang dihasilkan merupakan spektrum panjang gelombang sinar-X yang kontinu.

Sinar-X adalah foton energi tinggi yang mempunyai daya penetrasi sangat besar. Sinar-X dapat menyebabkan molekul terpisahkan jika bertumbukan dengan molekul. Sinar-X juga dapat merusak kulit seperti halnya UV, menyebabkan molekul-molekul kulit terpisahkan (sobek). Masuk ke dalam badan sinar-X dapat merusak sel-sel badan sehingga dapat dimanfaatkan untuk menghancurkan sel-sel kanker.

## **6.9 LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission or Radiation*)**

Atom-atom di dalam sumber cahaya pada umumnya berkelakuan berbeda satu sama lain. Foton-Foton diemisikan secara acak sehingga gelombang emisi dari atom-atom tidaklah sefasa. Kadang-Kadang saling melemahkan dan kadang saling menguatkan. Dapat terjadi penguatan yaitu jauh lebih besar dibandingkan berkas cahaya sumber.

Laser adalah satu jenis sumber cahaya dimana atom-atom memancarkan gelombang cahaya dalam satu fasa. Laser menghasilkan berkas cahaya sejajar yang sangat tipis dan tajam.

Berkas laser sangat terang, karena semua gelombang dalam satu fasa. Setiap atom tereksitasi mengeluarkan gelombang dengan  $\lambda$  sama. Itulah sebabnya berkas cahaya mempunyai satu  $\lambda$  (koheren). Karena berkas direfleksikan berkali-kali diantara cermin paralel, maka sinar akan terus paralel meskipun menempuh jarak berkilo-kilo meter.

### **Aplikasi LASER**

- Karena intensitasnya yang tinggi, laser dapat digunakan untuk mengebor bahan yang sangat keras, namun dapat merusak retina mata.
- Karena koherensi dan ketepatan  $\lambda$ , laser digunakan dalam transmisi signal dalam komunikasi.
- Digunakan untuk membaca kode barang dalam supermarket dan data-data dalam CD.
- Digunakan untuk membangkitkan reaksi fusi nuklir.

SOAL-SOAL:

1. Pada deret Balmer, hitung panjang gelombang terpendek!
2. Hitung panjang gelombang terpanjang pada deret Lyman!
3. Berapakah energi terbesar yang dipancarkan pada deret Paschen ?
4. Jelaskan bagaimana terjadinya radiasi sinar-X!
5. Jelaskan bagaimana terjadinya sinar LASER dan sebutkan contoh aplikasi sinar LASER (3 buah)