

MAKALAH PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

PRAKTIKUM STRUKTUR ATOM



Oleh :

M. PRANJOTO UTOMO

Makalah ini disampaikan pada kegiatan:

**Pengayaan Praktikum Guru-Guru pada Acara Pendampingan SMA
oleh FMIPA UNY”**

Di FMIPA UNY

Pada tanggal 16 – 22 Januari 2008

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2008

PRAKTIKUM STRUKTUR ATOM¹

Oleh: M. Pranjoto Utomo²

Petunjuk Umum

Dalam kegiatan untuk pemahaman struktur atom, mahasiswa **tidak perlu** melakukan pengamatan langsung pada spektrum atom hidrogen (karena tidak tersedianya peralatan). Namun demikian akan **disajikan data** mengenai panjang gelombang garis-garis spektrum atom hidrogen (andaikan saja bahwadata tersebut merupakan hasil amatan praktikan sendiri). Tugas mahasiswa yaitu menginterpretasikan data tersebut dalam hubungannya dengan:

- (1). Rumusan untuk deret Lyman, Balmer dan Paschen,
- (2). Penetapan tetapan Rydberg (R_H) dan
- (3). Diagram transisi-emisi atom hidrogen menurut Bohr.

Untuk menunjang tugas tersebut, mahasiswa (praktikan) perlu membacadasar teori struktur atom yang secara cukup mendalam terdapat dalam diktat perkuliahan Kimia Anorganik I dan menyelesaikan kegiatan-kegiatan berikut beserta tugas-tugas **yang harus diselesaikan pada lembar kerja**. Sedangkan untuk menunjang tugas perhitungan tiap mahasiswa **wajib** menyediakan kalkulator bagi dirinya sendiri.

Tujuan Umum

Mahasiswa memahami struktur atom hidrogen model Bohr

Tujuan khusus

1. Diberikan model diagram tingkat energi, mahasiswa dapat menggambarkan transisi (elektronik) emisi.
2. Atas dasar diagram tingkat energi, mahasiswa dapat menuliskan rumusan yang menyatakan hubungan antara suatu transisi emisi dengan perbedaan antara dua transisi emisi yang lain.

¹ Disampaikan dalam kegiatan “Pengayaan Praktikum Guru-Guru pada Acara Pendampingan SMA oleh FMIPA UNY” di FMIPA UNY pada tanggal 16 – 22 Januari 2008

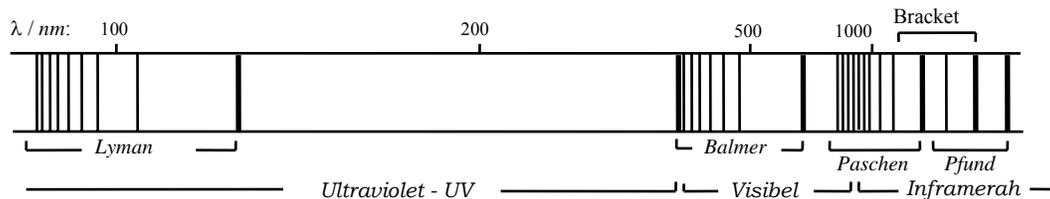
² Staf Pengajar di Jurdik Kimia FMIPA UNY

3. Diberikan data panjang gelombang (λ) ketiga deret Lyman, Balmer dan Paschen, mahasiswa dapat mengidentifikasi ada-tidaknya hubungan yang bermakna (a) antar data numerik λ dan (b) antar data numerik perbedaan λ .
4. Diberikan rumusan hubungan antara panjang gelombang, λ , dengan bilangan gelombang, $\bar{\nu}$, mahasiswa dapat mengubah data numerik λ menjadi $\bar{\nu}$.
5. Dengan data numerik bilangan gelombang, $\bar{\nu}$, mahasiswa dapat menarik kesimpulan bahwa setiap perbedaan bilangan gelombang ($\Delta\bar{\nu}$) terhadap $\bar{\nu}_{\text{terpendek}}$ dalam suatu deret merupakan anggota $\bar{\nu}$ bagi deret berikutnya.
6. Dengan data numerik bilangan gelombang, $\bar{\nu}$, mahasiswa dapat menarik kesimpulan bahwa numerik perbedaan bilangan gelombang ($\Delta\bar{\nu}$) setiap dua garis spektrum terdekat dalam suatu deret muncul kembali sebagai perbedaan yang samadalam deret berikutnya.
7. Bila digambarkan suatu model diagram energi transisi, mahasiswa dapat menyatakan hubungan antara energi transisi emisi dengan perbedaan antara dua tingkatan energi yang bersangkutan.
8. Atas dasar data $\bar{\nu}$ dan bilangan kuantum n yang sesuai, mahasiswa dapat melukiskan grafik hubungan antara $\bar{\nu}$ dengan $\frac{1}{n^2}$ untuk deret (a) Lyman, (b) Balmer dan (c) Paschen.
9. Atas dasar grafik hubungan antara $\bar{\nu}$ dengan $\frac{1}{n^2}$ untuk setiap deret, mahasiswa dapat membandingkan nilai titik-titik ekstrapolasi ($n = \infty$) dengan $\bar{\nu}_{\text{terpendek}}$ -batas yang teramati bagi masing-masing deret Lyman, Balmer dan Paschen.
10. Atas dasar data $\bar{\nu}$ bagi ketiga deret Lyman, Balmer dan Paschen, mahasiswa dapat menghitung tingkatan energi rerata, $E_1, E_2, E_3, \dots, E_\infty$, untuk atom hidrogen dan kemudian melukiskan secara kuantitatif diagram transisi emisi atom hidrogen untuk ketiga deret, Lyman, Balmer dan Paschen.
11. Atas dasar perhitungan energi transisi emisi, mahasiswa dapat memperoleh rumusan untuk tetapan Rydberg dan energi ionisasi bagi atom hidrogen

Pendahuluan

Atom hidrogen dengan hanya satu elektron tentulah mempunyai spektrum paling sederhana; karenanya harus dipelajari terlebih dahulu untuk memperoleh pemahaman struktur suatu atom. Spektrum emisi atom hidrogen bebas dalam keadaan gas, yang dapat diperoleh dengan membuat gas hidrogen dalam keadaan tereksitasi oleh pengaruh listrik, ternyata terdiri dari sejumlah deret (seri) garis-garis spektrum dalam daerah inframerah, *visible* (tampak) dan daerah *near ultraviolet* (ultraviolet dekat). Garis-garis spektrum ini untuk setiap deret (yang diberi nama sesuai dengan penemunya) mengumpul secara teratur atau jaraknya makin mendekat satu sama lain dan akhirnya kelihatan semakin melemah ke arah menurunnya panjang gelombang, λ , atau ke arah naiknya bilangan gelombang, $\bar{\nu}$, seperti ditunjukkan oleh pola spektrum Gambar 1.

Proses pembentukan atom-atom bebas dalam keadaan gas biasanya melibatkan pemecahan padatan-padatan atau molekul-molekul gas oleh karena energi panas atau listrik sedemikian sehingga atom-atom bebas yang dihasilkan beradadalam keadaan tereksitasi yang akan kehilangan energi oleh peristiwa radiasi energi.



Gambar 1. Pola Spektrum Emisi Atom Hidrogen

Selanjutnya diasumsikan bahwa:

- (1). Energi elektron dalam atom hidrogen bersifat terkuantisasi, artinya elektron beradadalam tingkat-tingkat energi diskrit yang merupakan kelipatan bilangan-bilangan bulat integral 1.
- (2). Munculnya garis-garis spektrum yang teramati pada spektrum atom hidrogen adalah sebagai akibat terjadinya transisi elektronik antara **dua tingkatan energi**. Oleh karena spektrum garis ini adalah spektrum emisi, maka: $\Delta E = E_{(tinggi)} - E_{(rendah)}$; dengan kata lain transisi elektronik emisi menunjuk pada terjadinya transisi elektron dari tingkat energi lebih tinggi (atom dalam keadaan tereksitasi) ke tingkat energi yang lebih rendah (atom dalam keadaan *ground state*).

Kegiatan dan Tugas

Kegiatan 1

Untuk sejumlah tingkatan energi (*energy level*), E_1 , E_2 , E_3 dan E_4 , dua diantara beberapa kemungkinan **transisi (emisi) elektronik** telah digambarkan dengan tanda panah ($E_4 \rightarrow E_2$ dan $E_2 \rightarrow E_1$) seperti diagram berikut ini:

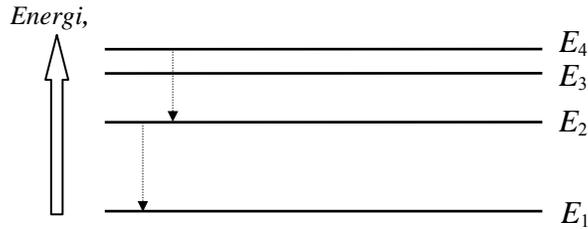


Diagram 1 Transisi (elektronik) *emisi*

Tugas 1: Lengkapi kemungkinan transisi-emisi yang lain pada Lembar Kerja.

Tabel 1. Data panjang gelombang spektrum garis atom hidrogen untuk seri Lyman, Balmer dan Paschen

$\Delta \lambda / (\text{nm})$		Deret	$\lambda / (\text{nm})$	$\bar{\nu} / \text{cm}^{-1}$	$\Delta \bar{\nu} / (\text{cm}^{-1})$	
$\lambda_1 - \lambda_n$	$\lambda_n - \lambda_{(n+1)}$				$\bar{\nu}_{(n+1)} - \bar{\nu}_n$	$\bar{\nu}_n - \bar{\nu}_1$
Deret Lyman						
	18,995	$L_{(1)}$	121,567	82259	15233	
.....	5,318	$L_{(2)}$	102,572	97492		.....
.....	.....	$L_{(3)}$	97,254	.....		.....
.....	.....	$L_{(4)}$	94,974	.....		.....
.....	.....	$L_{(5)}$	93,780	.....		.....
.....	.....	$L_{(6)}$	93,075	.....		.....
.....	.....	$L_{(\infty)}$		109679		.....
Deret Balmer						
.....	170,145	$B_{(1)}$	656,278	15237	.....	.....
.....	.....	$B_{(2)}$	486,133	.....	.....	.....
.....	.....	$B_{(3)}$	434,047	.....	.....	.....

		$B_{(4)}$	410,174		
		$B_{(5)}$	397,007		
		$B_{(6)}$	388,905		
		$B_{(7)}$	383,539		
		$B_{(8)}$	379,790		
		$B_{(\infty)}$		27427	
Deret Paschen					
	593,305	$P_{(1)}$	1875,110		
		$P_{(2)}$	1281,805		
		$P_{(3)}$	1093,809		
		$P_{(4)}$	1004,938		
		$P_{(5)}$	954,597		
		$P_{(6)}$	922,902		
		$P_{(\infty)}$		12190	

Kegiatan 2

Energi transisi-emisi sesungguhnya secara matematik dapat pula dinyatakan sebagai perbedaan antara dua transisi-emisi yang lain, misalnya saja:

$$E_2 - E_1 = (E_4 - E_1) - (E_4 - E_2); \text{ demikian juga}$$

$$E_2 - E_1 = (E_3 - E_1) - (E_3 - E_2), \text{ dan seterusnya}$$

Tugas 2: Kerjakan secara sama untuk energi transisi-emisi yang lain, yaitu: $(E_4 - E_3)$, $(E_3 - E_2)$ dan $(E_4 - E_2)$.

Kegiatan 3

Panjang gelombang (λ) tiap-tiap garis spektrum atom hidrogen untuk deret Lyman (L), Balmer (B) dan Paschen (P) sebagaimana diilustrasikan oleh Gambar 1, telah berhasil ditabulasikan pada Tabel 1 kolom 2. Data panjang gelombang ini ternyata tidak menunjukkan sesuatu yang bermakna; namun demikian cobalah periksa **perbedaan** panjang gelombang ($\Delta\lambda$) **tiap dua garis spektrum terdekat** (Tabel 1 kolom 3).

Tugas 3: Lengkapi Tabel 1 kolom 2 dan 3 kemudian periksa dengan teliti dengan cermat. Ada atau tidak adakah suatu hubungan yang bermakna antara data numerik (λ

dan atau $\Delta\lambda$) satu terhadap yang lain baik dalam satu deret maupun dengan deret yang lain?

Kegiatan 4

Hubungan antara panjang gelombang λ dengan bilangan gelombang ($\bar{\nu}$) (dan tentunya juga frekuensi, ν) dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut:

$$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = \frac{\nu}{c}, \text{ di mana } c = \text{kecepatan cahaya} = 2,99797 \times 10^{10} \text{ cm.s}^{-1}$$

Jadi bilangan gelombang berbanding lurus terhadap frekuensi, tetapi berbanding terbalik dengan panjang gelombang.

Tugas 4: Ubahlah data panjang gelombang (Tabel 1) menjadi data bilangan gelombang (sebenarnya dapat juga frekuensi) dan masukkan ke dalam Tabel 1 kolom 5. Dua-tiga di antaranya untuk masing-masing deret telah dikerjakan.

Kegiatan 5

Bila selanjutnya kita hitung perbedaan bilangan gelombang, $\Delta\bar{\nu}$, untuk data yang telah ada (Tabel 1), ternyata diperoleh bahwa:

$$\begin{aligned} L_{(2)} - L_{(1)} &= (97492 - 82259) \text{ cm}^{-1} = 15233 \text{ cm}^{-1} \\ B_{(2)} - B_{(1)} &= (20571 - 15237) \text{ cm}^{-1} = 5334 \text{ cm}^{-1} \\ P_{(2)} - P_{(1)} &= (7801 - 5333) \text{ cm}^{-1} = 2468 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut di atas nampak bahwa $L_{(2)}-L_{(1)}$ **relatif sama** dengan $B_{(1)}$, demikian juga $B_{(2)}-B_{(1)}$ **relatif sama** dengan $P_{(1)}$. Pertanyaan yang segera muncul yaitu benarkah bahwa perbedaan bilangan gelombang ($\Delta\bar{\nu}$) bagi suatu deret merupakan anggota bagi deret yang lain; atau adakah hubungan antara $\Delta\bar{\nu}$ bagi suatu deret dengan $\bar{\nu}$ bagi deret yang lain? Sungguh merupakan suatu masalah yang menarik untuk diteliti.

Tugas 5: Untuk menjawab atau menyelesaikan masalah tersebut, secara sama hitung harga setiap perbedaan ($\Delta \bar{\nu}$) antara garis terdekat bagi masing-masing deret, kemudian selidikilah hubungannya dengan nilai $\bar{\nu}$ bagi deret yang lain. Demikian juga hitung harga setiap perbedaan ($\Delta \bar{\nu}$) terhadap $\bar{\nu}_{\text{terpendek}}$ bagi masing-masing deret.

Kegiatan 6

Untuk melihat lagi adanya aspek fundamental yang lain mengenai hubungan data numerik antara deret yang satu dengan yang lain, marilah kita hitung perbedaan bilangan gelombang ($\Delta \bar{\nu}$) untuk setiap dua garis spektrum terdekat bagi masing-masing deret.

Misalnya:

$$\begin{aligned} L_{(2)} - L_{(1)} &= 15233 \text{ cm}^{-1} \\ L_{(3)} - L_{(2)} &= (102823 - 97492) \text{ cm}^{-1} = \mathbf{5331} \text{ cm}^{-1} \\ B_{(2)} - B_{(1)} &= \mathbf{5334} \text{ cm}^{-1} \\ B_{(3)} - B_{(2)} &= (23039 - 20571) \text{ cm}^{-1} = 2468 \text{ cm}^{-1} \\ P_{(2)} - P_{(1)} &= 2468 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

Berdasarkan data perhitungan di atas, nampaknyadapat dikatakan bahwa bilangan-bilangan (sebagai perbedaan bilangan gelombang, $\Delta \bar{\nu}$) yang **pernah muncul** dalam suatu deret, **muncul kembali** dalam deret lain seperti halnya:

$$\begin{aligned} L_{(3)} - L_{(2)} &= B_{(2)} - B_{(1)} \quad \text{dan} \\ B_{(3)} - B_{(2)} &= P_{(2)} - P_{(1)} \end{aligned}$$

Mungkinkah hal ini berlaku secara umum untuk data yang lain? Lagi-lagi merupakan masalah yang sangat menarik untuk diteliti.

Tugas 6: Untuk menjawab atau menyelesaikan masalah tersebut gunakan data Tabel 1 kolom 6 untuk mengidentifikasi hubungan numerik dalam satu deret dengan deret lain.

Kegiatan 7

Bila atom hidrogen berubah dari keadaan tingkat energi diskrit E_m ke tingkat energi diskrit lebih rendah E_n (jadi $E_m > E_n$) atau dengan kata lain bila terjadi transisi (elektronik) emisi $E_m \rightarrow E_n$, maka besarnya bilangan gelombang dari radiasi emisi adalah

proporsional terhadap perbedaan energi kedua tingkat energi diskrit tersebut yaitu $\Delta E = E_m - E_n$. Besarnya perbedaan energi ini oleh Einstein dinyatakan dengan rumus:

$$\Delta E = h\nu = hc\bar{\nu}$$

$\frac{hc}{\lambda}$, dimana $h =$ tetapan Planck $= 6,6262 \cdot 10^{-34}$ J.s

Selanjutnya untuk menginterpretasikan adanya hubungan yang bermakna pada data numerik $\bar{\nu}$ dan $\Delta\bar{\nu}$ (**Tugas 5** dan **Tugas 6**) tersebut, silahkan Anda tinjau konsep diagram berikut, yang sebenarnya paralel dengan **Tugas 1** dan **Tugas 2**.

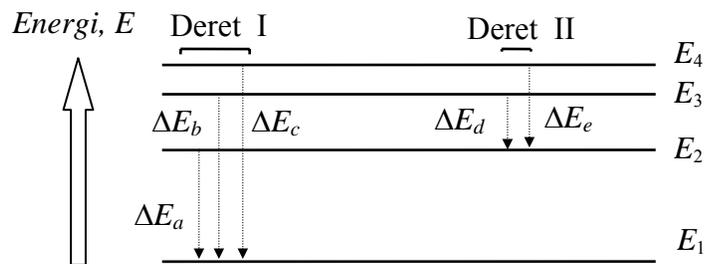


Diagram 2. Transisi (elektronik) *emisi*

Tiga transisi-emisi deret I (ΔE_a , ΔE_b dan ΔE_c) mempunyai **satu tingkatan energi terendah** yang sama yaitu E_1 , sedangkan dua transisi-emisi deret II juga mempunyai satu tingkatan energi terendah yang sama yaitu E_2 . Jadi semua transisi-emisi dalam suatu deret selalu berasal dari beberapa tingkatan energi lebih tinggi dan berakhir pada **satu tingkatan energi** terendah yang samadalam deret yang bersangkutan.

Diagram 2 di atas menunjukkan bahwa:

$$\begin{aligned} \Delta E_b - \Delta E_a &= (E_3 - E_1) - (E_2 - E_1) \\ &= E_3 - E_2 \\ &= \Delta E_d \end{aligned}$$

Dengan kalimat lain dapat dinyatakan bahwa perbedaan dua transisi-emisi yang berakhir pada satu tingkatan energi terendah yang sama (E_1), **sama dengan** transisi-emisi antar dua tingkatan energi di atasnya.

Tugas 7a:

Tidak peduli besarnya E_1 (tingkat energi terendah tempat berakhirnya transisi elektronik), secara sama diperoleh:

$$\Delta E_c - \Delta E_a = \dots\dots$$

Lebih informatif, hubungan-hubungan tersebut dapat disusun sebagai berikut:

$$\Delta E_b - \Delta E_a \quad (\text{deret I}) \quad = \quad \Delta E_d \quad (\text{deret II})$$

$$\Delta E_c - \Delta E_a \quad (\text{deret I}) \quad = \quad \Delta E_e \quad (\text{deret II})$$

Tugas 7b:

Oleh karena setiap harga ΔE berbanding lurus terhadap \bar{v} (maupun v) sebagaimana dirumuskan oleh Einstein tersebut, maka tentulah:

$$\bar{v}_b - \bar{v}_a = \dots\dots\dots$$

$$\bar{v}_c - \bar{v}_a = \dots\dots\dots$$

Demikianlah seterusnya, bila pada konsep Diagram 2 tingkat-tingkat energinya diperbanyak lagi $E_5, E_6, \dots, E_\infty$, tentulah dipenuhi hubungan bahwa numerik perbedaan bilangan gelombang ($\Delta \bar{v}$) pada suatu deret muncul sebagai numerik \bar{v} pada deret lain sebagaimana diungkap oleh data menurut **Tugas 5**.

Tugas 7c:

Tambahan pula Diagram 2 menunjukkan bahwa:

$$\Delta E_c - \Delta E_b \quad = \quad \dots\dots\dots \quad \text{atau}$$

$$\bar{v}_c - \bar{v}_b \quad = \quad \dots\dots\dots$$

Hubungan ini tentulah berlaku umum, yaitu bahwa perbedaan bilangan gelombang, $\Delta \bar{v}$, bagi setiap dua garis spektrum terdekat pada satu deret dapat dinyatakan oleh perbedaan tersebut pada deret lain, bila konsep Diagram 2 diperbanyak tingkat-tingkat energinya. Tidak diragukan lagi bahwa hal ini sesuai dengan data menurut **Tugas 6** atau **Tabel 1 kolom 6**.

Hasil: Jadi dengan data v dan Δv untuk tiap-tiap deret (**Tabel 1 kolom 5-7**) serta kebermaknaan hubungannya (**Tugas 5** dan **Tugas 6**), terjadinya spektrum emisi hidrogen dapat diilustrasikan menurut model Diagram 2 tersebut.

Kegiatan-8

Masalah selanjutnya yaitu bagaimana melukiskan model diagram transisi-emisi atom hidrogen secara kuantitatif? Untuk menyelesaikan masalah ini diperlukan langkah kunci yaitu menentukan **harga tingkatan energi terendah** dimana semua transisi-emisi berakhir untuk masing-masing deret, yaitu E_1 (Lyman), E_2 (Balmer) dan E_3 (Paschen). Harga-harga ini dihitung relatif terhadap harga pembanding tertentu yaitu bila elektron berjarak ∞ (tak terhingga) dari inti atom; dalam hal ini elektron beradadalam E_∞ dengan **energi sama dengan nol**. Dengan demikian tingkat-tingkat energi yang lain, E_1 hingga $E_{(\infty-1)}$, tentulah lebih rendah dari nol dan oleh karena itu mempunyai energi negatif. Oleh karena E_∞ bagi setiap deret pastilah sama, maka parameter yang perlu dihitung adalah $\bar{\nu}$ bagi transisi-emisi $(E_\infty-E_1)$, $(E_\infty-E_2)$ dan $(E_\infty-E_3)$ bagi masing-masing deret Lyman, Balmer dan Paschen. Ketiga harga $\bar{\nu}$ ini tentulah **memenuhi persamaan** atau **hubungan tertentu** yang tersusun oleh semua $\bar{\nu}$ bagi ketiga deret. Sungguh ajaib bahwa secara empiris hubungan ini dapat diperoleh dengan menggambarkan grafik hubungan antara harga-harga $\bar{\nu}$ dengan $\frac{1}{n^2}$, di mana $n =$ bilangan bulat integral 1, yaitu $n = 2, 3, \dots, \infty$ untuk deret Lyman; $n = 3, 4, \dots, \infty$ untuk deret Balmer dan $n = 4, 5, \dots, \infty$ untuk deret Paschen.

Tugas 8: Gambarkan grafik hubungan antara $\bar{\nu}$ (sebagai ordinat) dan $\frac{1}{n^2}$ (sebagai absis):

(a) Untuk deret Lyman:

$$n = 2, 3, \dots, 7, \dots, \infty; \text{ sesuai dengan } \bar{\nu} = L(1), L(2), \dots, L(6), \dots, L(\infty).$$

(b) Untuk deret Balmer:

$$n = 3, 4, \dots, 10, \dots, \infty; \text{ sesuai dengan } \bar{\nu} = B(1), B(2), \dots, B(8), \dots, B(\infty).$$

(c) Untuk deret Paschen:

$$n = 4, 5, \dots, 9, \dots, \infty; \text{ sesuai dengan } \bar{\nu} = P(1), P(2), \dots, P(6), \dots, P(\infty).$$

Sungguh ajaib bahwa ketiga grafik tersebut berupa garis lurus. Hal ini berarti bahwa $\bar{\nu}$ bagi $L_{(\infty)}$, $B_{(\infty)}$ dan $P_{(\infty)}$ tentulah merupakan ekstrapolasi masing-masing garis tersebut pada $\frac{1}{n^2} = 0$ (atau $n = \infty$).

Kegiatan 9

Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa bilangan gelombang untuk batas garis spektrum atau λ terpendek bagi masing-masing deret yaitu kira-kira:

$$L_{(\infty)} = 109679 \text{ cm}^{-1}, \text{ sesuai dengan energi transisi } E_{\infty} \rightarrow E_1$$

$$B_{(\infty)} = 27427 \text{ cm}^{-1}, \text{ sesuai dengan energi transisi } E_{\infty} \rightarrow E_2$$

$$P_{(\infty)} = 12190 \text{ cm}^{-1}, \text{ sesuai dengan energi transisi } E_{\infty} \rightarrow E_3$$

Bandingkan hasil amatan ini dengan hasil ekstrapolasi pada **Tugas 8** di atas.

Dengan demikian, konstruksi diagram transisi-emisi dapat disusun sebagai berikut:

- (a) Untuk deret Lyman, semua transisi-emisi berakhir pada tingkatan energi E_1 yang berada pada **109679 cm⁻¹ di bawah E_{∞} (energi nol) atau pada -109679 cm⁻¹.**
- (b) (1) Untuk deret Lyman $\bar{\nu}$ terendah yaitu $L_{(1)}$ yang pasti merupakan transisi-emisi $E_2 \rightarrow E_1$, dengan E_2 merupakan tingkatan energi terdekat di atas E_1 .

$$\text{Maka } L_{(1)} = E_2 - E_1 = 82259 \text{ cm}^{-1}.$$

Menurut Kegiatan 2 dan Kegiatan 6 berlaku:

$$\begin{aligned} E_{\infty} - E_2 &= (E_{\infty} - E_1) - (E_2 - E_1) \\ &= L_{(\infty)} - L_{(1)} \\ &= (109679 - 82259) \text{ cm}^{-1} \\ &= 27420 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

- (2) Sedangkan dari deret Balmer diperoleh:

$$B_{(\infty)} = E_{\infty} - E_2 = 27427 \text{ cm}^{-1}$$

Jadi, dari kedua harga ini dapat diperoleh harga rata-rata $E_2 = -27423,5 \text{ cm}^{-1}$ (dibawah E_{∞}).

3	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Kegiatan 10

Hasil dari **Tugas-7** dan **Kegiatan 8** ternyata diperoleh hubungan bahwa:

(a) $109679 \approx 4 \times 27427$ atau

$$L_{(\infty)} \approx n^2 \times B_{(\infty)} \quad (n = 2)$$

(b) $109679 \approx 9 \times 12190$ atau

$$L_{(\infty)} \approx n^2 \times P_{(\infty)} \quad (n = 3)$$

Hal ini berarti bahwa grafik \bar{v} vs. $\frac{1}{n^2}$ bagi masing-masing deret yang

berupa garis lurus sesungguhnya **sejajar satu sama lain**; demikian juga untuk deret-deret yang lain, Brackett dan Pfund (tidak dibicarakan). Dengan demikian tentulah terdapat **hubungan** secara umum yang menyeluruh bagi deret-deret tersebut. Hubungan ini dapat

dicari dengan (salah satu cara) menghitung parameter: $\left(\frac{E_1 - E_{\infty}}{E_n - E_{\infty}} \right)$

Tugas 10:

(a) Dengan data **Tabel 2 kolom 5**, hitung nilai parameter $\left(\frac{E_1 - E_\infty}{E_n - E_\infty}\right)$ untuk $n = 1-10$,

kemudian masukkan hasilnya ke dalam **Tabel 2 kolom 6** dan tentukan pula nilai **pembulatannya (Tabel 2 kolom 7)**

Selidiki numerik-numerik tersebut adakah hubungan tertentu antara bilangan kuantum

n dengan parameter $\left(\frac{E_1 - E_\infty}{E_n - E_\infty}\right)$ kemudian nyatakan hubungan ini; selanjutnya

dapatkan harga tetapan tertentu (**sebagai tetapan Rydberg**)!

Kegiatan 11

Energi ionisasi atau potensial ionisasi yaitu energi minimum yang dibutuhkan untuk mengeluarkan satu elektron dari tingkat energi dasar ($n = 1$ untuk atom hidrogen) ke tingkat energi tak-berhingga ($n = \infty$); energi ini dapat ditentukan secara eksperimen secara langsung. Namun demikian atas dasar perhitungan tingkatan-tingkatan energi yang menghasilkan rumusan untuk tetapan Rydberg tersebut, model atom Bohr dapat menghitung energi ionisasi bagi atom hidrogen.

Tugas 11: Hitung energi ionisasi atom hidrogen dan tentukan dua tingkatan energi manakah yang terlibat ($1 \text{ cm}^{-1} = 11,9566 \text{ J.mol}^{-1}$)

Daftar Pustaka

Alderice, D., (1981). "Energy Level and Atomic Spectra", Department of Physical Chemistry, The University of New South Wales, Australia.

Beaton, J.M. (1992). "Journal of Chemical Education", Vol.69, No.8, 610-612.

Department of Inorganic and Nuclear Chemistry (1994). "Laboratory Manual – Chem. 2031 Inorganic Chemistry and Structure"

Frantz, H.W., and Malm, L.E., (1968). "Essentials of Chemistry in the Laboratory", Second Edition, San Fransisco: W.H. Freeman and Company.

Hecht, C.E. (1992). "Journal of Chemical Education", Vol.69, No.8, 645-646.