

PETUNJUK PRAKTIKUM KIMIA INTI



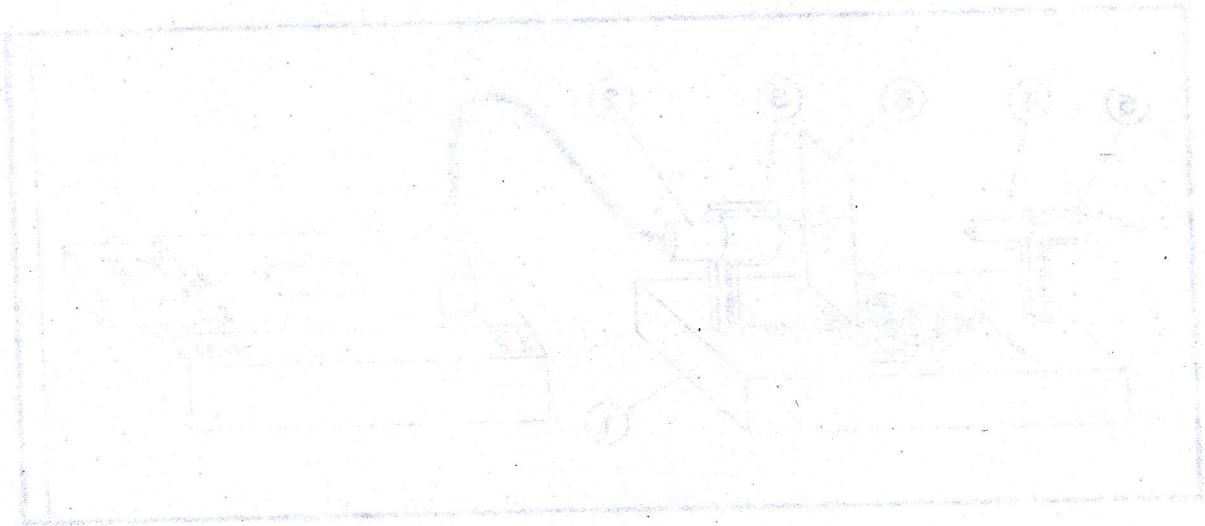
TIM FISIKA LANJUT

*Yusman Wiyatmo
Supahar
Sukardiyono*

LABORATORIUM FISIKA LANJUT
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

1. Efek Dari Jarak Antara Sumber Radiasi Dan Counter Berjendela-Tipis Pada Nilai Cacah (3)
2. Ralat Statistik dari Pengukuran Tunggal (6)
3. Pembelokan Radiasi Sinar Beta Dengan Menggunakan Medan Magnet (9)
4. Menutupi Sinar-sinar Gamma dengan Lapisan-lapisan Timah dengan variasi ketebalan (14)
5. SIMPANGAN SINAR KATODA OLEH MEDAN ELEKTROSTATIKA (17)
6. SPEKTROSKOPI ATOM (21)
7. PERCOBAAN FRANK HERTZ (25)



01

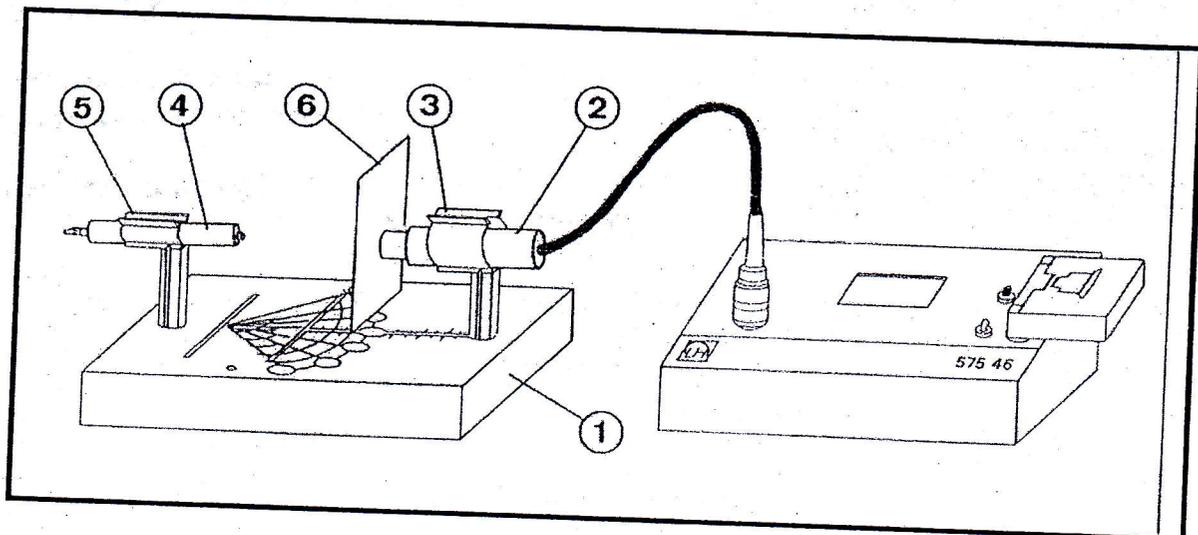
Efek Dari Jarak Antara Sumber Radiasi Dan Counter Berjendela-Tipis Pada Nilai Cacah

Tujuan penelitian : Menambah jarak antara sumber radiasi dan counter berjendela-tipis dan mengukur nilai cacahnya untuk tiap-tiap posisi.

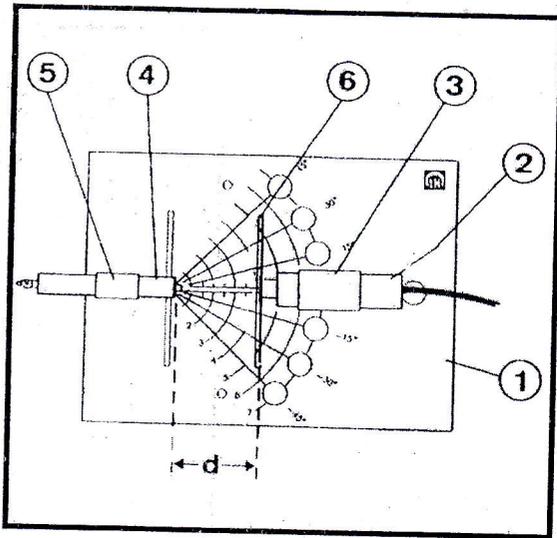
Alat:

1. Counter GM
2. Counter berjendela-tipis
3. Panel percobaan
4. Penjepit tabung counter
5. Bingkai aluminium
6. 2 penjepit
7. Penjepit preparasi
8. Model preparasi
9. Lempengan timah
10. Kaos lampu
11. Preparasi Ra-226, 3.3 kBq
12. Pencatat waktu
13. Selamber kertas 6x6 cm
14. Gunting

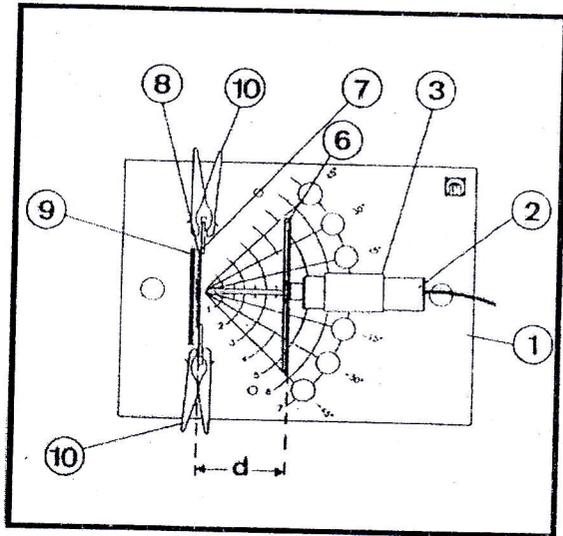
Petunjuk Praktikum:



Gb.1. Rangkaian alat percobaan



Gb.2. Rangkaian percobaan terlihat dari atas



Gb.3. Rangkaian percobaan untuk langkah

(1) Panel percobaan, (2) Counter berjendela-tipis, (3) Penjepit tabung counter, (4) Preparasi Ra-226, (5) Penjepit preparasi, (6) kertas, (7) Bingkai aluminium, (8) kaos lampu dlm kantong plastik, (9) Lempengan

1. Susun alat seperti terlihat pada Gb.1 dan Gb.2.
2. Geser tutup pelindung counter berjendela-tipis dengan hati-hati dan jangan menyentuh bagian jendela-tipisnya karena mudah pecah.
3. Penggunaan counter:
 - o Pertama-tama hentikan counter dengan menekan tombol STOP lalu RESET sehingga tertulis angka 0 pada layar display.
 - o Pengukuran: tekan tombol START pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.
 - o Untuk mengakhiri pengukuran tekan tombol STOP pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.
4. Susun counter berjendela-tipis dan preparasi Ra-226 dengan jarak yang divariasi dan ukur nilai cacahnya (N_1) cacah dihitung dalam 2 menit untuk tiap jarak.

Tabel 1.

d/cm	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{N_1}{(2\text{min})^{-1}}$									
$N \sim \frac{1}{d}$									
$N \sim \frac{1}{d^2}$									

- Geser preparasi Ra-226 dari rangkaian percobaan dan kembalikan ke kemasannya. Gunakan kaos lampu sebagai sumber radiasi seperti terlihat pada Gb.3. Susun counter berjendela-tipis pada jarak seperti terlihat pada tabel 2 dari kaos lampu, dan ukur nilai cacahnya (N_2) cacah dihitung dalam 2 menit untuk tiap jarak.

Tabel 2.

d/cm	2	4	6	8	10
$\frac{N_1}{(5 \text{ min})^{-1}}$					
$N \sim \frac{1}{d}$					
$N \sim \frac{1}{d^2}$					

- Setelah pengukuran selesai letakkan kembali tutup pelindung counter berjendela-tipis.

Evaluasi:

- Untuk langkah 4 dan 5 hitung harga untuk fungsi $N \sim 1/d$ dan $N \sim 1/d^2$ (mulai dari harga pengukuran pertama) dan tuliskan di baris terakhir pada tabel 1 dan 2.
- Plot angka-angka tersebut ke dalam dua buah grafik sebagai fungsi titik-titik sumber radiasi (preparasi Ra-226) dan sebaran sumber radiasi (kaos lampu) dengan mengukur harganya, dan bandingkan kurva dengan perhitungan dari fungsi $N \sim 1/d$ dan $N \sim 1/d^2$ (lihat gambar 4 dan 5).
- Menurut pengamatan bagaimana hubungan antara jarak dan nilai cacah?

- Bagaimanakah hubungan antara jarak dan nilai cacah untuk tiap-tiap titik sumber radiasi?

- Bagaimanah nilai cacah menurun untuk tipe sebaran sumber radiasi ketika jarak antara sumber dan counter berjendela-tipis ditambah?

02

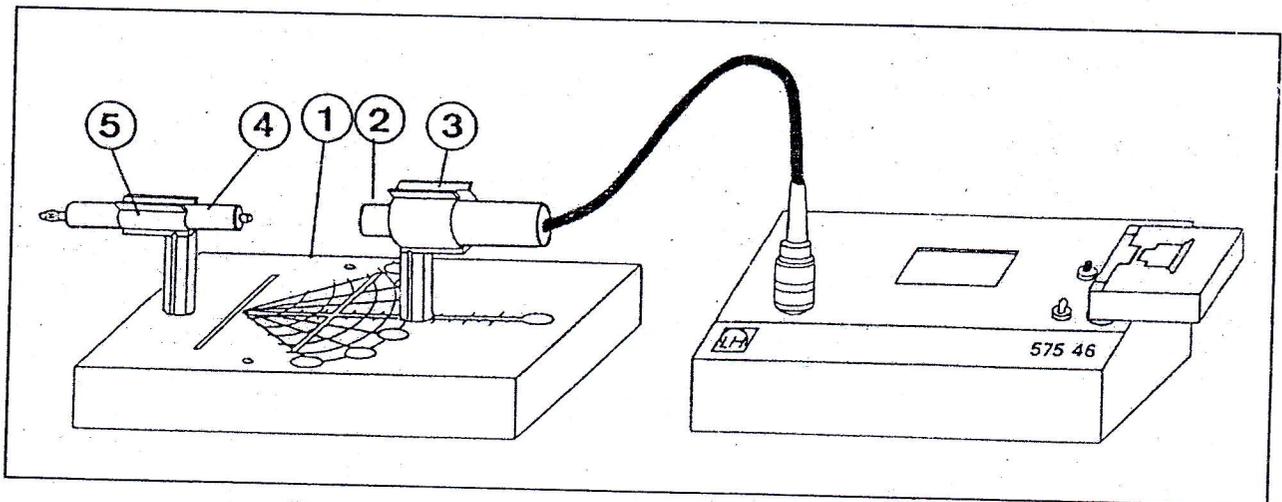
Ralat Statistik dari Pengukuran Tunggal

Tujuan Penelitian: Menghitung nilai cacah untuk pengukuran berulang yang bervariasi dan menghitung deviasi presentase sebuah pengukuran tunggal dari nilai rata-rata.

Alat:

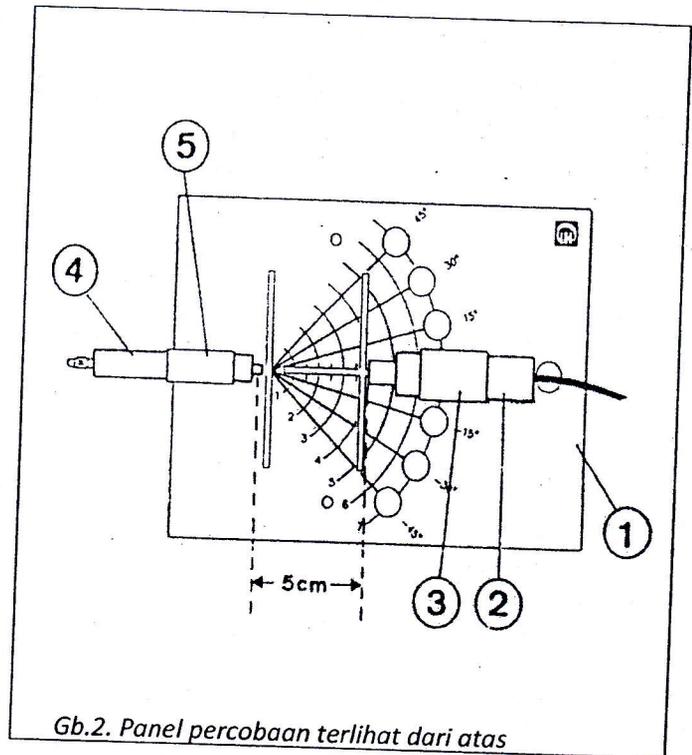
1. 1 unit counter seperti Geiger- Muller counter S
2. Counter berjendela-tipis
3. Penjepit tabung counter
4. Panel percobaan RAD
5. Model preparasi
6. Penjepit
7. Lempeng timah
8. Pencatat waktu
9. Preparasi Ra-226, 3.3 kBq
10. Penjepit preparasi

Petunjuk Praktikum:



Gb.1. Rangkaian percobaan

1. Set alat seperti terlihat pada Gb. 1 dan Gb. 2.
2. Geser tutup pelindung counter berjendela-tipis dengan hati-hati dan jangan menyentuh bagian jendela-tipisnya karena mudah pecah.
3. Penggunaan counter:
 - Pertama-tama hentikan counter dengan menekan tombol STOP lalu RESET sehingga tertulis angka 0 pada layar display.
 - Pengukuran: tekan tombol START pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.
 - Untuk mengakhiri pengukuran tekan tombol STOP pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.



4. Untuk tiap-tiap pengukuran berulang yang diberikan pada tabel 1, ukur jumlah cacah lima kali.

Tabel 1.

Pengukuran No	$\frac{N_1}{(10s)^{-1}}$	$\frac{N_2}{(60s)^{-1}}$	$\frac{N_3}{(120s)^{-1}}$
1			
2			
3			
4			
5			

5. Setelah pengukuran selesai, pindahkan preparasi Ra-226 dari rangkaian percobaan dan kembalikan ke kotaknya. Letakkan kembali tutup pelindung counter berjendela-tipis.

Evaluasi

1. Hitung harga rata-rata \bar{N} untuk tiap 3 kali pengukuran.

Tabel 2.

$\frac{N_1}{(10s)^{-1}}$	$\frac{N_2}{(60s)^{-1}}$	$\frac{N_3}{(120s)^{-1}}$

2. Dari perhitungan probabilitas, kita tahu bahwa untuk kejadian random :

68,3 % Harga-harga pengukuran beradadi dalam interval $N \pm \sqrt{\bar{N}}$,

95,4 % Harga-harga pengukuran beradadi dalam interval $N \pm 2 \cdot \sqrt{\bar{N}}$, dan

99,7 % Harga-harga pengukuran beradadi dalam interval $N \pm 3 \cdot \sqrt{\bar{N}}$.

$\sqrt{\bar{N}}$ disebut deviasi standart. Hitung harga untuk tiga harga rata-rata dan sebutkan di

interval mana? Lalu hitung deviasi standart δ dalam persen $\left(\delta = \frac{100\%}{\sqrt{\bar{N}}} \right)$.

Tabel 3.

Cacah	\bar{N}	$\sqrt{\bar{N}}$	$N + \sqrt{\bar{N}}$	$N - \sqrt{\bar{N}}$	$\pm \frac{100\%}{\sqrt{\bar{N}}}$
$\frac{N_1}{(10s)^{-1}}$					
$\frac{N_2}{(60s)^{-1}}$					
$\frac{N_3}{(120s)^{-1}}$					

3. Bagaimanakah hubungan antara nilai cacah rata-rata dengan deviasi standart dalam persen?

03

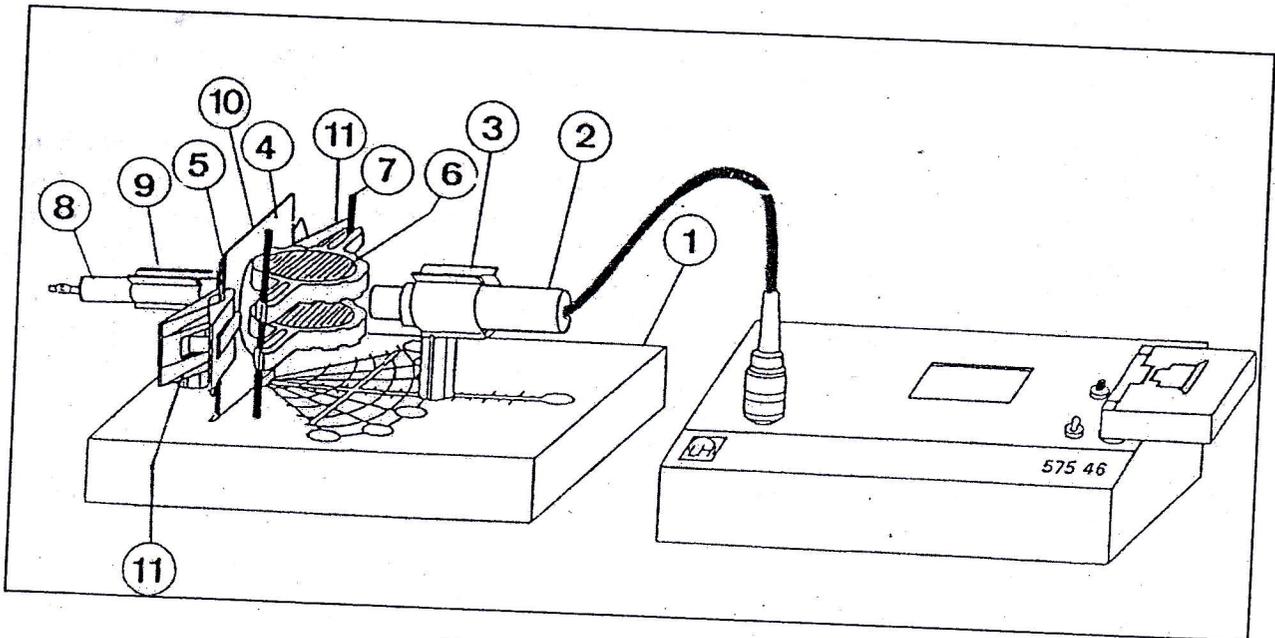
Pembelokan Radiasi Sinar Beta Dengan Menggunakan Medan Magnet

Tujuan Penelitian : Membelokkan sinar beta dengan menggunakan sebuah medan magnet, dan menghitung arah belokkannya.

Alat :

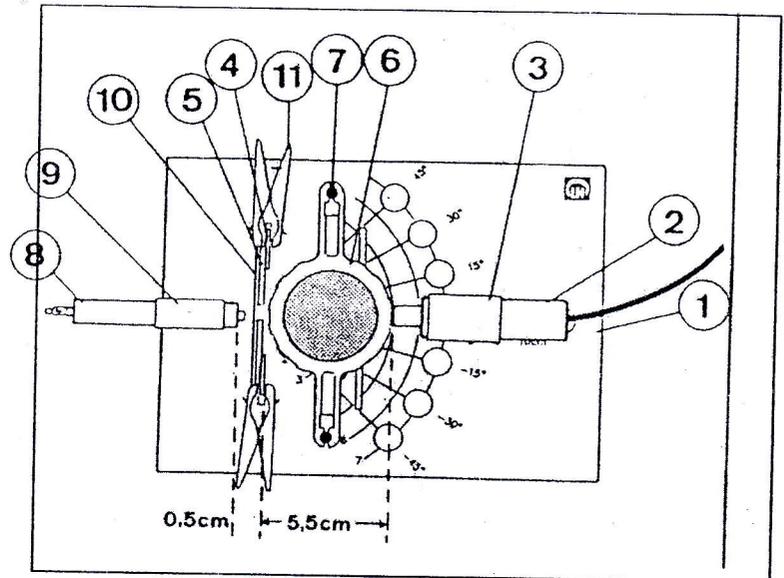
1. Counter
2. Counter berjendela-tipis
3. Panel percobaan
4. Penjepit tabung counter
5. 2 potong magnet
6. 2 batang penjepit magnet
7. Bingkai aluminium
8. Sekat timah berdiameter 4,2 mm
9. Penjepit preparasi
10. Model preparasi
11. 2 buah penjepit
12. Preparasi Ra-226, 3.3 kBq
13. Pencatat waktu
14. 1 lembar kertas 6cm x 6cm
15. gunting

Petunjuk Praktikum:



Gb.1. rangkaian percobaan

1. panel percobaan
2. counter berjendela-tipis
3. penjepit tabung counter
4. bingkai aluminium
5. sekat timah
6. magnet penjepit
7. penjepit preparasi
8. preparasi Ra-226
9. penjepit preparasi
10. selembar kertas kosong



Gb.2. panel percobaan nampak dari atas

1. Set alat percobaan seperti terlihat pada Gb. 1 dan 2. Letakkan bingkai aluminium (4) di dalam panel percobaan (1) dan sematkan sekat timah pada bingkai aluminium dengan menggunakan penjepit (11). Lubang sekat sebaiknya terletak di titik pusat sudut seperti terlihat pada panel percobaan.
2. Letakkan potongan magnet (6) di atas batang penjepit magnet (7) sehingga titik merah di atas kedua magnet menghadap ke atas. Letakkan magnet sejauh 4 cm. Magnet mengunci ke dalam celah. Letakkan kumpulan magnet di dalam lubang pada panel percobaan yang telah disediakan.
3. Letakkan counter berjendela-tipis (2) di atas panel percobaan dengan menggunakan penjepit tabung counter (3). Pastikan bahwa kotak baja dari counter berjendela-tipis tidak terlalu dekat dengan magnet. Geser tutup pelindung counter berjendela-tipis dengan hati-hati dan jangan menyentuh bagian jendela-tipisnya karena mudah pecah.
4. Selipkan preparasi Ra-226 (8) ke dalam penjepit preparasi (9) dan letakkan penjepit preparasi di atas panel percobaan sehingga lubang radiasi langsung di depan sekat. Lalu letakkan komponen-komponen pada jarak yang tepat.
5. Penggunaan Counter:
 - Pertama-tama hentikan counter dengan menekan tombol STOP lalu RESET sehingga tertulis angka 0 pada layar display.
 - Pengukuran: tekan tombol START pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.
 - Untuk mengakhiri pengukuran tekan tombol STOP pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.
6. Pertama, pindahkan kumpulan magnet dari panel percobaan dan hitung nilai cacah N_1 untuk posisi yang diberikan counter berjendela-tipis. Pastikan bahwa anda tidak menyentuh jendela-tipisnya ketika menggeser tabung counter.

Tabel 1.

Posisi sudut dari tabung counter	+45°	+30°	+15°	0	-15°	-30°	-45°
$\frac{N_1}{(\text{min})^{-1}}$							

7. Dengan hati-hati letakkan kumpulan magnet ke dalam panel percobaan seperti dikatakan pada langkah 2. Pastikan tidak menyentuh jendela-tipis pada tabung counter. Ukurlah nilai cacah N_2 untuk posisi sudut yang ada.

Tabel 2.

Posisi sudut dari tabung counter	+45°	+30°	+15°	0	-15°	-30°	-45°
$\frac{N_2}{(\text{min})^{-1}}$							

8. Dengan hati-hati pindahkan kumpulan magnet ke dalam panel percobaan. Pastikan tidak menyentuh jendela-tipis pada tabung counter. Lalu pindahkan potongan magnet dari batang penjepit dan putar sehingga titik merah menghadap ke bawah. Jarak antar magnet 4 cm. Ukurlah nilai cacah N_3 untuk sudut posisi yang diberikan.

Tabel 3.

Posisi sudut dari tabung counter	+45°	+30°	+15°	0	-15°	-30°	-45°
$\frac{N_3}{(\text{min})^{-1}}$							

9. Setelah percobaan selesai, letakkan tutup pelindung counter berjendela-tipis dengan hati-hati, dan pindahkan preparasi Ra-226 dari rangkaian percobaan dan kembalikan ke kotaknya.

Evaluasi

1. Bagaimanakah arah medan magnet ketika titik-titik merah di atas potongan magnet menghadap ke atas?

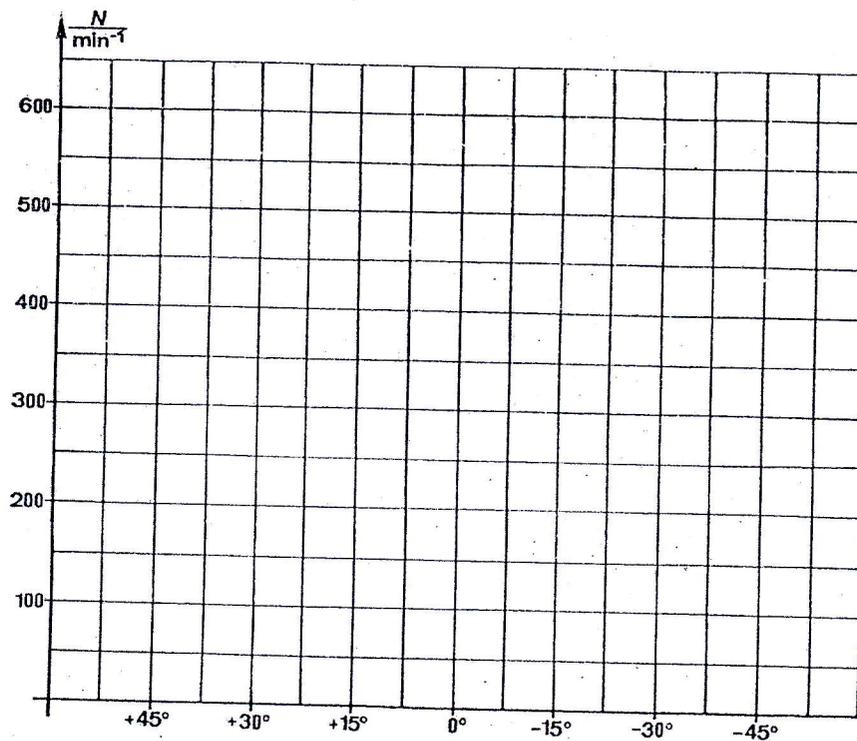
Menghadap ke bawah?

2. Posisi sudut manakah yang menunjukkan nilai cacah tertinggi?
Tanpa medan magnet?

Medan magnet menghadap ke atas?

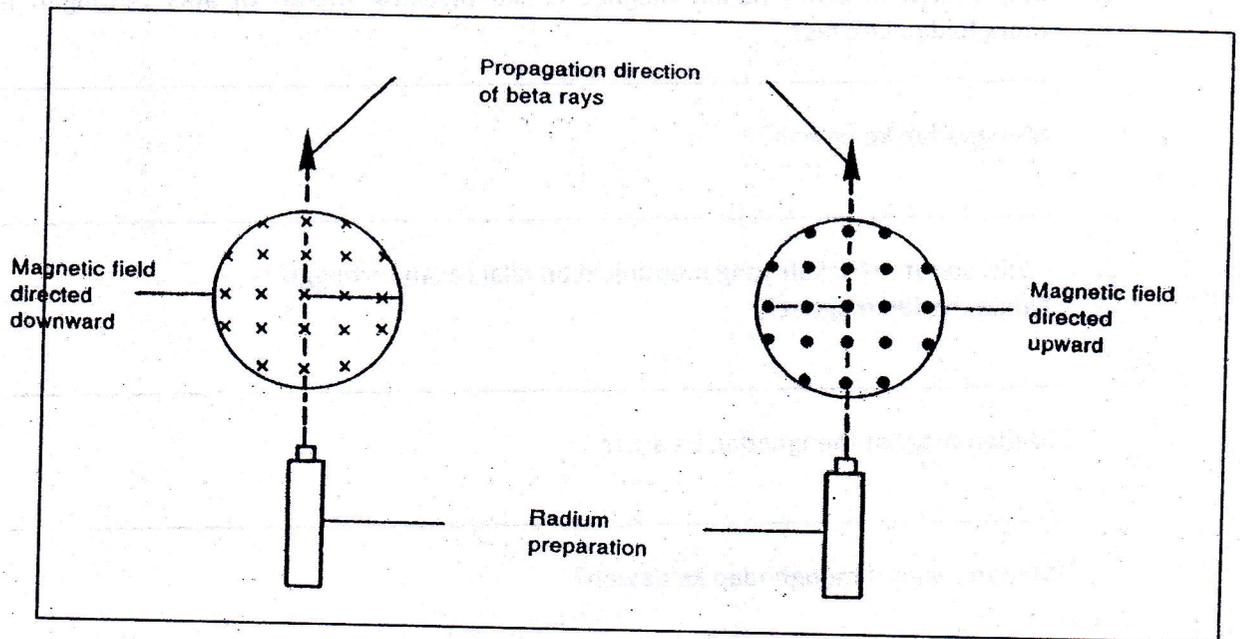
Medan magnet menghadap ke bawah?

3. Plotkan hasil dari ketiga rangkaian pengukuran ke dalam gambar 3.



Gb.3. (1) nilai cacah tanpa medan magnet, (2) nilai cacah dg medan magnet menghadap ke atas, (3) nilai cacah dengan medan magnet menghadap ke bawah

4. Pada Gambar 4 gambarkan arah dimana radiasi sinar beta dibelokkan untuk tiap-tiap kasus.



Gb.4. Arah defleksi dari partikel beta berdasarkan arah medan magnet (rangkaian percobaan nampak dari atas)

04

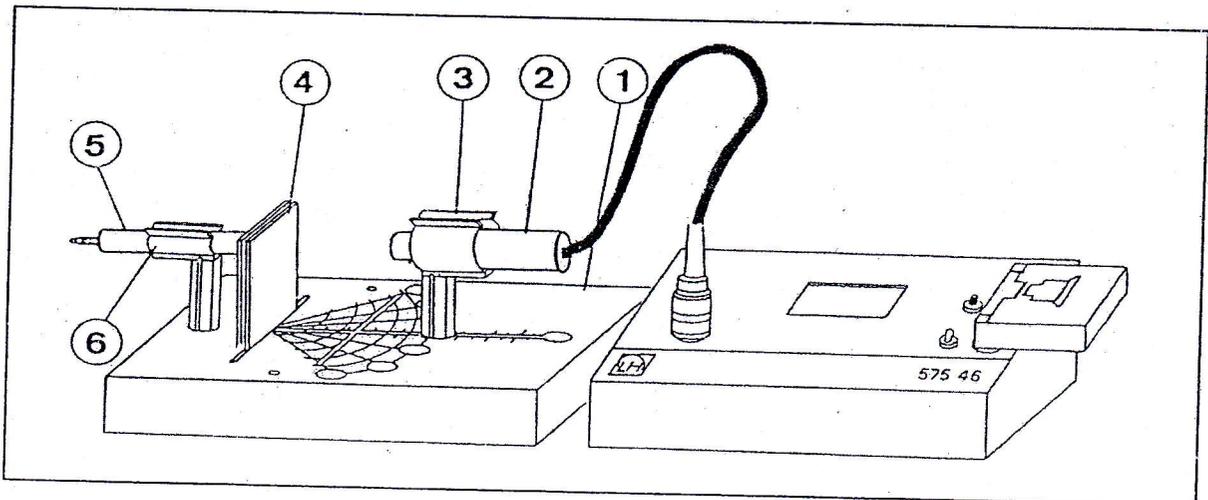
Menutupi Sinar-sinar Gamma dengan Lapisan-lapisan Timah dengan variasi ketebalan

Tujuan Penelitian : Memvariasi ketebalan lapisan timah di depan sumber radiasi gamma dan mengukur penurunan nilai cacah.

Alat:

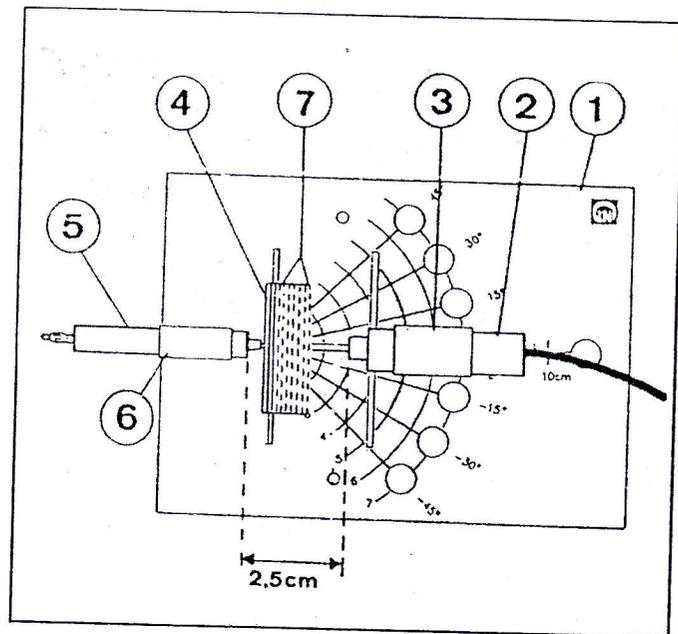
1. 1 unit counter seperti Geiger- Muller counter S
2. Counter berjendela-tipis
3. Penjepit tabung-counter
4. Panel percobaan RAD
5. 2 buah lempengan aluminium
6. 6 buah lempengan timah
7. Penjepit preparasi
8. Model preparasi
9. Preparasi Ra-226, 3.3 kBq
10. Pencatat waktu

Petunjuk Praktikum:



Gb.1. Rangkaian percobaan

1. panel percobaan
2. counter berjendela tipis
3. penjepit tabung counter
4. 2 lempengan aluminium
5. preparasi Ra-226
6. penjepit preparasi



Gb.2. Panel percobaan nampak dari atas

1. Set alat percobaan seperti terlihat pada Gb.1 dan Gb.2. Gunakan 2 lempengan aluminium (4) untuk menutupi radiasi alfa dan beta : letakkan sebuah lempengan aluminium di atas panel percobaan (1) dan sandarkan lempengan yang kedua pada lempengan pertama yang posisinya menghadap preparasi Ra-226. Biarkan posisi seperti ini untuk semua pengukuran di atas panel percobaan.
2. Geser tutup pelindung counter berjendela-tipis dengan hati-hati dan jangan menyentuh bagian jendela-tipisnya karena mudah pecah.
3. Penggunaan counter:
 - Pertama-tama hentikan counter dengan menekan tombol STOP lalu RESET sehingga tertulis angka 0 pada layar display.
 - Pengukuran: tekan tombol START pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan.
 - Untuk mengakhiri pengukuran tekan tombol STOP pada counter dan pencatat waktu secara bersamaan
4. Tambahkan lempengan timah diantara lempengan aluminium dengan counter (ketebalan tiap lempengan 2 mm) lalu ukurlah nilai cacah N_1 untuk tiap penambahan lempengan (ukurlah selama 15 menit, tiap 5 menit baca jumlah cacahnya).

Tabel 1.

Ketebalan lapisan timah (mm)	Nilai cacah N					
	0	2	4	6	8	12
$\frac{N_1}{(5 \text{ min})^{-1}}$						
$\frac{N_1}{(10 \text{ min})^{-1}}$						
$\frac{N_1}{(15 \text{ min})^{-1}}$						
$\frac{N_1 - N_0}{(15 \text{ min})^{-1}}$						

- Masukkan kembali preparasi Ra-226 ke dalam tempatnya kemudian ukur cacah natar N_0 .
 $N_0 = \underline{\hspace{2cm}}$.
- Setelah pengukuran selesai letakkan kembali tutup pelindung counter berjendela-tipis.

Evaluasi

- Carilah selisih dari $N_1 - N_0$ dan catat hasilnya pada baris terakhir dari tabel 1.
- Bagaimanakah hubungan antara ketebalan timah dengan nilai cacah?

- Pada ketebalan berapakah timah nilai cacah menjadi berkurang $\frac{1}{2}$ nya?

05

SIMPANGAN SINAR KATODA OLEH MEDAN ELEKTROSTATIKA

I. Tujuan Penelitian :

Setelah melakukan percobaan ini diharapkan mahasiswa memiliki kemampuan untuk :

1. Menyelidiki pembelokan sinar katoda oleh medan magnet
2. Menjelaskan hal-hal yang berhubungan dengan pembelokan lintasan elektron sinar katoda oleh medan magnet.
3. Menentukan besarnya nilai muatan per satuan massa (e/m) elektron berdasarkan lintasan elektron sinar katoda oleh medan magnet dalam tabung sinar katoda.

II. Dasar Teori

Perkembangan ilmu pengetahuan fisika terutama yang menyangkut fisika atom mengalami perkembangan yang sangat pesat setelah J.J. Thomson (1856 – 1940) menemukan partikel elementer yang dinamakan elektron. Penemuan elektron ini diawali dengan penelitian tentang sinar katoda oleh William Crookes (1892 – 1919) yang diperoleh kesimpulan bahwa :

(1) sinar katoda merambat menurut garis lurus, (2) dapat memendarkan sulfida seng dan barium paltinasianida, (3) terdiri atas partikel-partikel bermuatan negatif, (4) dapat menghasilkan panas, (5) mampu menghitamkan plat foto, (6) dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet ke arah tertentu, (7) dapat menghasilkan sinar – X.

Berdasarkan sifat-sifat sinar katoda di atas, J.J. Thomson mengusulkan bahwa sinar katoda merupakan aliran elektron-elektron yang keluar dari katoda menuju anoda dengan kecepatan tinggi. Selanjutnya, Thomson berhasil merancang dan melakukan percobaan untuk menentukan perbandingan antara muatan per satuan massa (e/m) partikel bermuatan negatif yang terdapat pada berkas sinar katoda.

Elektron yang dihasilkan oleh katoda akibat proses pemanasan dengan menggunakan filamen pemanas (proses thermo elektron) dipercepat menuju anoda oleh suatu beda potensial antara anoda dan katoda sebesar V. Jika kecepatan elektron pada saat lepas dari katoda karena proses pemanasan diabaikan, maka kelajuan elektron v pada saat melewati anoda dapat dihitung berdasarkan hukum kekekalan energi sebagai berikut :

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \quad \text{atau} \quad v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \dots\dots\dots(1)$$

dengan

e = muatan electron

m = massa elektron

Elektron yang bergerak dengan kecepatan v tegak lurus terhadap medan magnet homogen B , akan melakukan gerak melingkar dengan jari-jari R karena pengaruh gaya Lorentz $F = ev \times B$ yang berfungsi sebagai gaya sentripetal sehingga berlaku persamaan :

$$evB = \frac{mv^2}{R} \quad \text{atau} \quad eB = \frac{mv}{R} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Berdasarkan persamaan (1) dan (2), perbandingan muatan terhadap massa elektron dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{r^2 B^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Medan magnet yang tertulis pada persamaan (3) dihasilkan oleh kumparan Helmholtz yang tersusun atas dua kumparan sejajar dan terletak dalam satu sumbu (coaxial) dengan jari-jari R . Jika di dalam kumparan Helmholtz tersebut dialiri arus listrik I dengan arah yang sama, maka akan dihasilkan medan magnet homogen yang sejajar dengan sumbu kumparan tersebut. Menurut hukum Biot-Savart besarnya kuat medan magnet di antara dua kumparan tersebut adalah :

$$B = \frac{8}{5\sqrt{5}} \frac{\mu_0 NI}{R} \quad \dots\dots\dots(4)$$

dengan μ_0 = permeabilitas ruang hampa

N = jumlah lilitan

Dengan mengambil $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m, dan khusus untuk alat yang digunakan dalam eksperimen ini mempunyai jumlah lilitan $N = 130$ lilitan serta $R = 0,150$ m, sehingga diperoleh besarnya kuat medan magnet di antara dua kumparan tersebut adalah

$$B = 7,793 \times 10^{-4} \text{ T (Wb/m}^2) \quad \dots\dots\dots(5)$$

Selanjutnya, substitusikan persamaan (5) ke dalam persamaan (3) maka diperoleh :

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{R^2 (7,793 \times 10^{-4} \text{ T})^2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

dengan menggunakan persamaan (6) kita akan menentukan besarnya harga perbandingan muatan (e) terhadap massa (m) elektron.

III. Alat

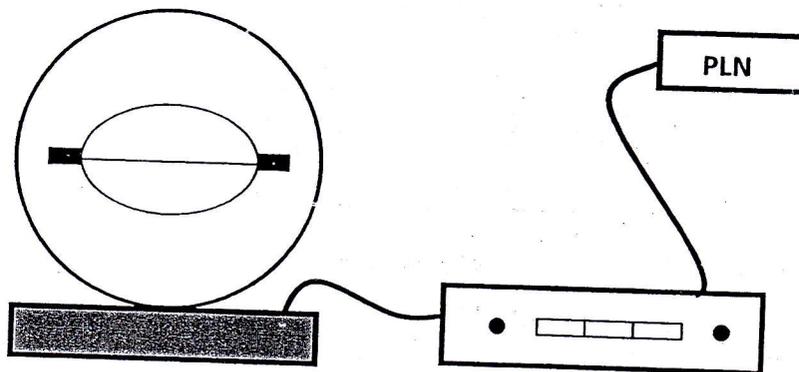
Alat yang digunakan dalam percobaan ini merupakan seperangkat peralatan "e/m Apparatus EM-2N" yang terdiri atas :

1. Tabung lucutan yang berisi gas Helium.
2. Unit Power Supply yang menyediakan tegangan pemanas (heater), tegangan pemercepat (V) pada anoda dan arus (I) yang mengalir pada kumparan Helmholtz.
3. Kumparan Helmholtz dengan spesifikasi $N = 130$ lilitan dan $R = 0,150$ m

IV. Langkah Kerja

Adapun langkah-langkah percobaan atau eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Susunlah alat seperti gambar berikut :



Gambar 1.1. Skema rangkaian peralatan percobaan e/m

2. Pastikan saklar unit power supply dalam keadaan OFF dan tombol pengatur tegangan anoda V dan arus I yang mengalir pada kumparan Helmholtz pada keadaan minimum.
3. Hubungkan unit power supply dengan sumber tegangan PLN. Hidupkan unit power supply dengan menekan tombol power supply pada posisi ON.
4. Ketika katoda berubah menjadi merah dan panas, naikkan tegangan power supply secara bertahap dengan cara memutar tombol pengatur tegangan searah jarum jam. Pada tegangan sekitar 90 V akan teramati lintasan gerak lurus elektron yang berwarna hijau.
5. Perbesarlah arus (I) yang mengalir pada kumparan Helmholtz dengan cara memutar tombol pengatur arus searah jarum jam.
6. Amati gejala yang terjadi pada tabung pelepas elektron. Tampak bahwa lintasan elektron mulai membelok dan lintasannya berbentuk lingkaran.
7. Untuk tegangan pemercepat elektron (V) yang konstan, naikkan arus (I) yang mengalir pada kumparan Helmholtz secara bertahap dan catat hasil pengukuran jari-jari lintasan orbit elektron (R).
8. Catatlah hasil pengamatan ke dalam tabel sebagai berikut :

No	I (Ampere)	R (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
.....		

Tugas-tugas

1. Buatlah grafik hubungan antara jari-jari lintasan elektron (R) dengan arus (I) yang mengalir pada kumparan Helmholtz.
2. Tentukan nilai (e/m) berdasarkan kedua grafik tersebut.
3. Bandingkan nilai (e/m) yang diperoleh secara grafik dengan nilai (e/m) yang diperoleh dari perhitungan.

Daftar Pustaka

Anonim. 2000. *E/M Apparatus EM-2N*. Japan : Shimadzu Rika Instrumens Co. Ltd.

Halliday dan Resnick. 1992. *Fisika Jilid II (terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto)*. Jakarta : Erlangga.

Kanginan, M. 1996. *Fisika 2B*. Jakarta : Erlangga.

Wehr, M.R., et.al. 1980. *Physics Of The Atom*. Manila : Addison-Wesley Publishing Company.

I. Tujuan Percobaan :

Setelah melakukan percobaan ini diharapkan mahasiswa memiliki kemampuan untuk *Menerangkan struktur atom berdasarkan struktur atomnya.*

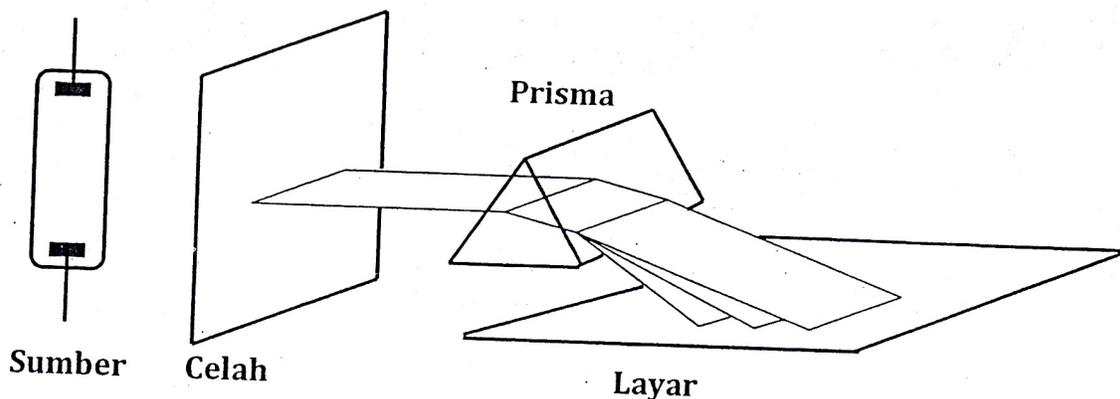
II. Dasar Teori

Cahaya yang dipancarkan oleh suatu gas yang bersuhu tinggi atau yang dirangsang oleh beda potensial, bergantung jenis gas yang digunakan. Pengkajian mengenai cahaya yang dipancarkan oleh benda padat atau gas pada umumnya meliputi panjang gelombang dan intensitasnya.

Pengamatan menunjukkan bahwa gas bersuhu tinggi memancarkan spektrum yang ditandai oleh suatu deret garis spektral yang memiliki keteraturan tinggi. Adanya spektrum garis dalam cahaya yang dipancarkan oleh gas bersuhu tinggi menunjukkan bahwa energi elektron di dalam atom hanya boleh memiliki harga-harga tertentu, atau ada pada tingkat-tingkat energi tertentu. Bila energi elektron berubah ke tingkat yang lebih rendah, maka akan terpancarlah foton dengan kuantum sebesar perubahan energi tersebut. Proses pancaran cahaya ini pertama kali dipikirkan oleh Niels Bohr pada tahun 1913.

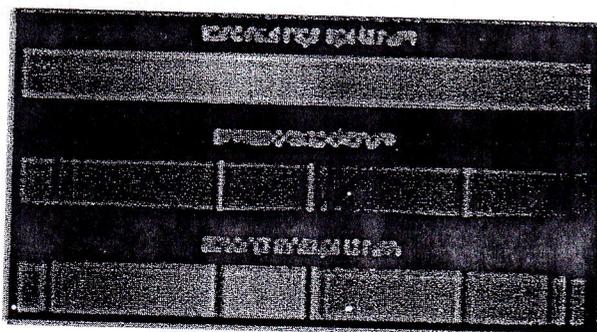
Tenaga elektron-elektron di dalam atom bersifat diskrit secara teratur. Tenaga-tenaga yang dapat dimiliki oleh elektron di dalam atom akan membentuk susunan tingkat-tingkat energi yang disebut dengan state energi.

Secara sketsa susunan alat yang digunakan untuk mengamati spektrum yang dipancarkan oleh suatu atom adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Sketsa susunan alat spektrometer

Sedangkan hasil pengamatan spektrum yang dipancarkan oleh gas Hidrogen, Helium dan Merkuri digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.1. Spektrum yang dipancarkan oleh gas Hidrogen, Helium dan Merkuri

Pada tahun 1855 J.J. Balmer berhasil menemukan rumusan empiris dengan ketepatan yang cukup teliti dalam menentukan panjang gelombang garis spektrum Hidrogen yang terletak di daerah cahaya tampak. Panjang gelombang dan frekuensi dari spektrum atom hidrogen di daerah cahaya tampak disajikan dalam Tabel 4.1. sebagai berikut :

Tabel 4.1. Panjang gelombang dan frekuensi dari spektrum atom hidrogen di daerah cahaya tampak

Garis	Panj. Glb (nm)	Frekuensi (x 10 ⁴ Hz)
H _α	656,28	4,569
H _β	486,13	6,168
H _γ	434,05	6,908
H _δ	410,17	7,310
H _∞	364,56	8,224

Secara matematis rumusan empiris yang diperoleh Balmer untuk spektrum atom Hidrogen dinyatakan sebagai :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{dengan } n = 3, 4, 5, \dots$$

λ = panjang gelombang garis spektrum

R = konstanta Rydberg

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

Garis H_α bersesuaian dengan $n = 3$, garis H_β bersesuaian dengan $n = 4$, dan seterusnya. Batas deret bersesuaian dengan $n = \infty$, sehingga panjang gelombangnya sama dengan $4/R$.

Selanjutnya diketahui bahwa ternyata spektrum atom hidrogen memiliki banyak deret yang masing-masing berada dalam daerah radiasi elektromagnetik yang berbeda-beda. Dalam daerah ultra ungu terdapat deret Lyman, dan dalam daerah infra merah terdapat deret Paschen, Brackett, Pfund.

Kedaaan energi elektron dinyatakan dengan sekumpulan bilangan-bilangan kuantum n , l , m_l dan m_s , dalam hal ini :

n : bilangan kuantum utama

l : bilangan kuantum orbital

m_l : bilangan kuantum magnetik orbital

m_s : bilangan kuantum magnetik spin

Elektron-elektron yang menempati keadaan energi tertentu mempunyai energi yang konstan. Elektron-elektron ini disebut dalam keadaan stasioner. Elektron dalam atom mempunyai kecenderungan untuk mengisi keadaan energi yang lebih rendah dengan melepaskan kelebihan energinya dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Elektron dalam atom dapat menerima energi dari luar untuk menempati keadaan energi yang lebih tinggi dan mengosongkan keadaan energi stasioner. Perpindahan elektron dari suatu keadaan energi ke keadaan energi yang lain harus memenuhi syarat :

$$\Delta l = \pm 1$$

$$\Delta m_l = \pm 0, 1$$

yang dikenal dengan kaidah seleksi. Sedangkan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan memenuhi syarat frekuensi Bchr-Enstein :

$$f = \frac{E_1 - E_2}{h} \quad \text{atau} \quad \lambda = \frac{hc}{E_1 - E_2}$$

dengan :

f : frekuensi radiasi elektromagnetik

λ : panjang gelombang radiasi elektromagnetik

h : konstanta Planck

c : cepat rambat cahaya di udara

E_1 : keadaan energi awal

E_2 : keadaan energi akhir

Jika radiasi dapat diukur, maka kita dapat menghitung harga $E_1 - E_2$. Jika selisih antara dua keadaan energi diperoleh diperoleh gambaran adanya keadaan-keadaan energi elektron dalam atom.

Sebagian besar emisi atom terletak di daerah cahaya (sinar tampak) sehingga pengukuran panjang gelombang secara optik dapat dilakukan dengan mudah. Tetapi untuk alat ukur yang daya pisahnya kurang baik tidak bisa membedakan dua panjang gelombang yang berdekatan.

III. Peralatan yang digunakan

1. Spektrometer optik.
2. Lampu senter.
3. Tabung lampu hidrogen.

IV. Langkah Kerja Percobaan

1. Pasang tabung lampu yang diinginkan dan nyalakan lampu tersebut!
2. Amati spektrumnya dengan menggunakan spectrometer!
3. Dengan bantuan cahaya lampu senter, baca skala panjang gelombang untuk setiap spektrum!
4. Hitung harga $E_1 - E_2$ untuk masing-masing sumber dan bandingkan dengan perhitungan secara teori. Tentukan pula konstanta Rydberg (R) hasil percobaan!

07

PERCOBAAN FRANK HERTZ

I. Tujuan Penelitian:

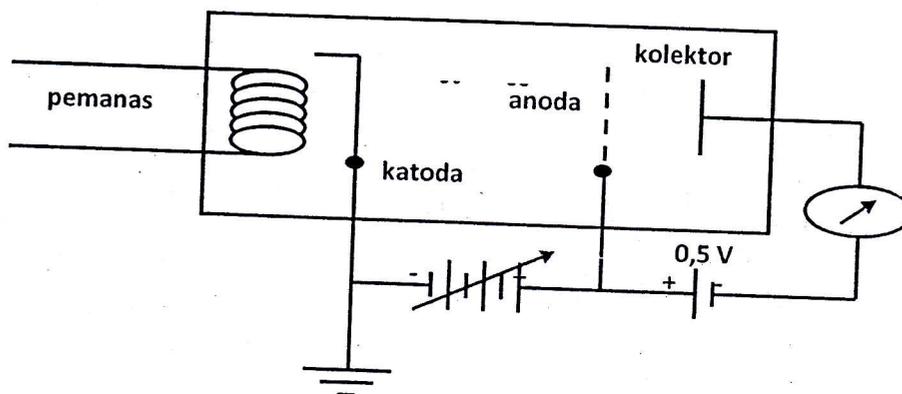
Setelah melakukan percobaan ini mahasiswa diharapkan memiliki kemampuan untuk :

- Menjelaskan teknik yang digunakan oleh Frank-Hertz untuk menyelidiki tumbukan antar atom dalam gas, serta menyatakan adanya tingkat-tingkat energi dalam atom.
- Menghitung besarnya tingkat energi eksitasi pada atom gas neon.
- Memiliki ketrampilan penggunaan alat ukur, pengolahan data untuk mengambil suatu kesimpulan.

II. Dasar teori

Eksperimen Frank dan Hertz (1914) selain membuktikan bahwa keadaan energi atom-atom adalah diskrit, juga menunjukkan tidak adanya perubahan tingkat-tingkat energi atom apabila atom mendapat sumbangan energi lain (berasal dari luar) yang lebih kecil dari beda tingkat energi antara satu tingkat energi ke tingkat energi berikutnya.

Frank dan Hertz menggunakan tabung berisi uap air raksa (*Hg*) yang di dalamnya terdapat anoda, katoda dan elektroda kolektor, seperti pada Gambar 3.1. sebagai berikut :

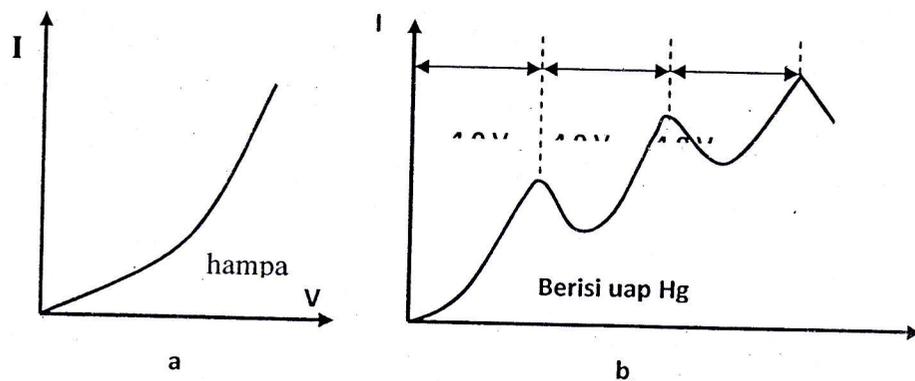


Gambar 3.1. Tabung Frank-Hertz

Bila katoda dipanaskan, elektron akan terlepas dari permukaannya. Elektron ini ditarik oleh anoda yang berpotensi positif terhadap katoda. Elektron yang menembus anoda dengan energi kecil akan ditolak oleh kolektor sehingga tidak menyebabkan arus I pada mikroamperemeter. Bila energi elektron yang menembus anoda lebih besar dari 0,5 eV, elektron memiliki energi cukup untuk melawan medan listrik dari kolektor dan menyebabkan terjadinya aliran arus I pada mikroamperemeter. Jalan pikiran Frank-Hertz adalah sebagai berikut : elektron yang keluar dari katoda dipercepat oleh medan listrik antara anoda dan katoda. Energi yang dimiliki elektron saat berada pada potensial V adalah $U = eV$. Bila elektron dengan energi ini menumbuk atom dalam uap *Hg* dan atom *Hg* hanya

dapat mengambil energi dalam jumlah tertentu saja, misalnya U_0 , maka elektron yang telah menumbuk atom Hg akan mempunyai sisa energi sebesar $U - U_0$. Sisa energi ini terbawa sebagai energi kinetik elektron. Bila sisa energi ini kurang dari $0,5 \text{ eV}$, elektron akan ditolak oleh kolektor sehingga tidak terjadi aliran arus listrik I dalam mikroamperemeter. Bila energi elektron U kurang dari harga U_0 , atom tidak menambah energi dalam, dan tumbukan antara elektron dan atom bersifat elastik. Bila ini terjadi, elektron dengan mudah akan sampai di kolektor sehingga terjadi aliran arus listrik I dalam mikroamperemeter. Frank-Hertz berharap bila potensial anoda diubah, maka mula-mula arus akan naik. Pada harga potensial anoda tertentu, yaitu bila energi kinetik elektron sama dengan U_0 , maka arus akan berkurang, karena energi diserap oleh atom sehingga sisa energi elektron tidak cukup untuk mengatasi potensial kolektor. Akibatnya pada harga ini arus I akan turun, dan gejala yang diharapkan oleh Frank-Hertz betul terjadi.

Eksperimen Frank-Hertz dijalankan sebagai berikut : bila tabung dibuat hampa udara, dan bila potensial anoda diperbesar, maka arus I akan berubah seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.2a. Sedangkan bila tabung berisi uap Hg , maka akan diperoleh arus I yang berubah seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.2b.



Gambar 3.2. a. Perubahan arus I terhadap V , bila tabung Frank-Hertz dibuat hampa udara.
b. Perubahan arus I terhadap V , bila tabung berisi uap Hg .

Berdasarkan grafik yang diperoleh, tampak bahwa bila potensial anoda mencapai $4,9 \text{ Volt}$, arus akan berkurang dan selanjutnya akan naik lagi, dan bila potensial anoda mencapai kelipatan $4,9 \text{ Volt}$ arus akan berkurang lagi. Dari eksperimen ini dapat disimpulkan bahwa atom Hg hanya mengambil energi dari elektron sebesar $4,9 \text{ eV}$. Energi yang diambil ini menjadi energi dalam atom Hg . Bila energi elektron kurang dari $4,9 \text{ eV}$, tumbukan bersifat elastik dan energi dalam atom Hg tidak berubah. Bila energi elektron lebih besar dari $4,9 \text{ eV}$, sebagian energi elektron diambil menjadi energi dalam atom Hg dan sisanya sebagai energi kinetik elektron. Hal ini menunjukkan adanya suatu tingkat energi $4,9 \text{ eV}$ di atas tingkat dasar. Peristiwa ini sering disebut sebagai *transfer energi resonan*.

Adanya minimum kedua pada arus I bila potensial anoda V diubah adalah karena elektron menumbuk atom Hg dua kali. Bila ini terjadi elektron akan kehilangan energi sebesar $2 \times 4,9 \text{ eV} = 9,8 \text{ eV}$. Dalam eksperimen selanjutnya dengan uap Hg juga didapatkan bahwa resonansi transfer energi terjadi pada energi sebesar $6,7 \text{ eV}$ dan $10,4 \text{ eV}$.

Kesimpulan yang dapat diambil dari eksperimen ini adalah bahwa energi dalam atom Hg hanya dapat berubah secara diskrit, jadi tidak akan dapat secara sinambung. Beberapa harga energi dalam yang boleh dimiliki atom disebut *tingkat energi*. Tingkat dasar menyatakan energi atom sebelum mengambil energi. Beberapa tingkat energi di atasnya menyatakan *keadaan eksitasi*. Bila atom ditumbuk oleh elektron dengan energi cukup, maka atom akan berpindah ke keadaan eksitasi. Bila energi yang diberikan oleh kepada atom lebih dari 10,4 eV, maka atom Hg akan tereksitasi ke keadaan ionisasi, artinya elektron terpental keluar dari atom.

Sebagaimana eksperimen yang dilakukan oleh Frank-Hertz, dalam percobaan ini elektron-elektron dipercepat diantara sebuah filamen dan grid sebuah tabung yang berisi gas neon (Ne) dengan sebuah potensial variabel V . Sebuah potensial balik rendah V_R ditempatkan diantara grid dan plat kolektor. Agar dapat mencapai kolektor, maka elektron-elektron harus memiliki energi kinetik yang lebih besar dari energi potensial balik V_R diantara grid dan kolektor. Begitu potensial pemercepat diperbesar, elektron-elektron memiliki energi kinetik yang semakin lama semakin besar dan semakin banyak yang mencapai kolektor, sehingga menghasilkan kenaikan arus. Pada suatu ketika, elektron-elektron memperoleh energi kinetik yang sama dengan energi keadaan eksitasi pertama atom Ne. Pada saat ini, elektron-elektron dapat mengeksitasi atom-atom Ne ke keadaan ini, sehingga mereka kehilangan energi kinetik. Dengan demikian lebih sedikit elektron yang akan memiliki cukup energi untuk mengatasi potensial balik V_R , sehingga terjadi penurunan arus kolektor.

Kenaikan V lebih lanjut menyebabkan arus kembali naik karena elektron-elektron mendapat tambahan energi kinetik setelah mengeksitasi sebuah atom Ne. Pada potensial pemercepat yang lebih tinggi, elektron-elektron akan memiliki energi yang cukup untuk mengeksitasi dua atom Ne sehingga terjadi penurunan kedua untuk arus I , dan seterusnya. Perbedaan tegangan diantara berbagai puncak arus tampak berhubungan dengan energi yang diperlukan untuk mengeksitasi atom Ne ke keadaan eksitasi pertamanya. Harga ini didapatkan dari selisih kedua lembah V dikalikan dengan muatan elektron, sehingga :

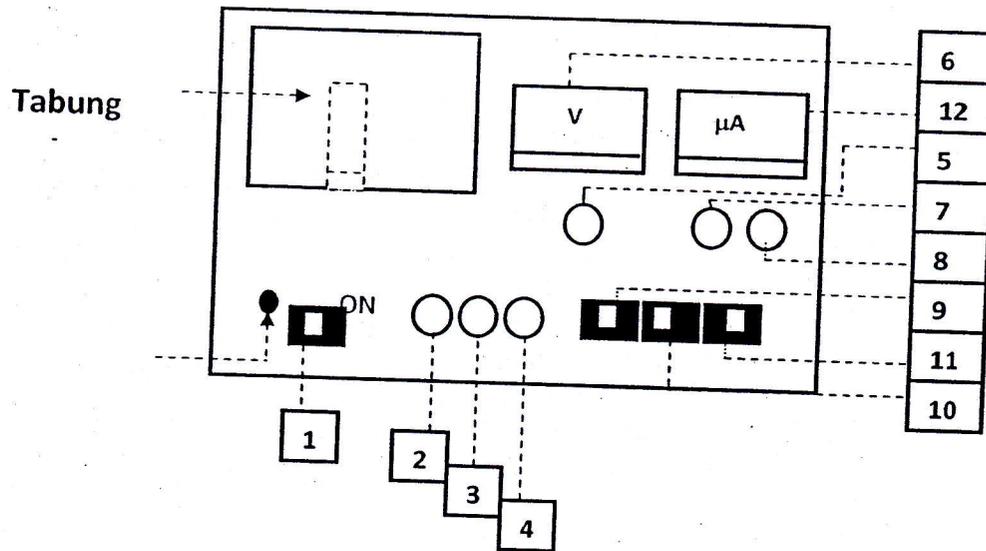
$$\Delta E = e \Delta V \dots\dots\dots (1)$$

Selanjutnya dalam eksperimen ini akan diamati mengenai tingkat energi eksitasi atom gas Ne yang dihasilkan oleh hubungan antara arus I dan potensial anoda V .

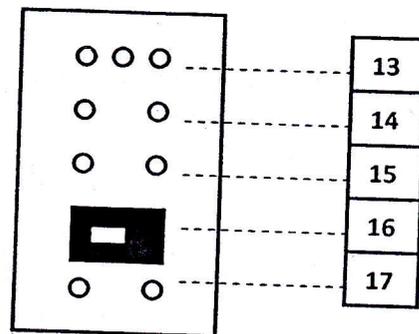
III. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini perangkat peralatan "Percobaan Frank-Hertz" dengan konstruksi alat sebagai berikut :

(i). Panel Permukaan :



(ii). Sisi Kanan



Gambar 3.4. i. Sisi depan peralatan percobaan Frank-Hertz
ii. Sisi kanan peralatan percobaan Frank-Hertz

Keterangan

1. Saklar POWER
2. Tombol HEATER VOLT ADJUSTMENT
3. Tombol G_1 -K VOLT ADJUSTMENT
4. Tombol G_2 -P VOLT ADJUSTMENT
5. Tombol G_2 -K VOLT ADJUSTMENT
6. VOLTMETER
7. Tombol ZERO ADJUSTMENT
8. Tombol GAIN
9. Saklar AUTO MANU
10. Saklar EXTERNAL-INTERNAL
11. Saklar METER-OSCILLOSCOP
12. AMMETER
13. OSCILLOSCOP
14. Terminal P- G_2 (I)
15. Terminal G_2 -K(K)
16. Saklar HEATER, TERMINAL, SHORT SWITCH
17. Terminal HEATER (I)

IV. Langkah Kerja

Langkah kerja yang harus dilakukan untuk mengukur variabel-variabel yang diperlukan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Membuka tutup "acryl" dan memasang tabung Frank-Hertz ke dalam socket.
2. Memutar semua tombol berlawanan arah dengan arah jarum jam sejauh mungkin dan mengubah posisi saklar (9), (10) dan (11) ke bawah, serta posisi saklar (16) ke SHORT. (Jika mengubah saklar (16) pada posisi OPEN, menghubungkan ammeter AC ke terminal (15)).
3. Menghubungkan kabel daya AC 220 V, selanjutnya mengubah saklar POWER (1) ke posisi "1".
4. Mengatur jarum penunjuk ammeter (12) ke posisi nol dengan cara memutar tombol ZERO ADJUSTMENT (7). Selanjutnya, memutar tombol GAIN (8) sehingga tanda pada tombol tersebut sedikit melebihi posisi tengah. (Karena diperlukan 2-3 menit agar penunjuk ammeter stabil pada posisi nol, kemudian lakukan "zero adjustment" lagi).

Keterangan :

Arus pemanas, tegangan G_1 ke K, tegangan G_2 ke P dan arus G_2 ke P adalah "4 point in the adjustment". Tegangan G_1 ke K ditentukan oleh tabung Frank-Hertz. Selanjutnya, arus G_2 ke P dapat diperbesar oleh amplifier. Tombol Gain (8) untuk mengatur amplifier.

5. Memutar tombol G_2 -K VOLT ADJUSTMENT (5) searah dengan arah jarum jam untuk mengatur tegangan sehingga jarum indikator pada volmeter (6) sekitar 30 V.
6. Memutar tombol HEATER VOLT ADJUSTMENT (2) searah dengan arah jarum jam sehingga tanda pada tombol tersebut sedikit melebihi pada posisi tengah. Menunggu sebentar, kemudian mengatur tombol G_1 -K VOLT ADJUSTMENT (3) pada posisi tertentu dengan memutar perlahan-pelan tombol sedemikian rupa sehingga jarum ammeter (12) menyimpang sejauh mungkin. (Mengatur jarum penunjuk ammeter pada skala tengah. Jika memutar tombol (3) lebih jauh, jarum ammeter turun)

Keterangan :

- Jika jarum ammeter (12) menyimpang tidak teratur meskipun telah memutar tombol G_1 -K VOLT ADJUSTMENT (3) berlawanan arah jarum jam sejauh mungkin, kemudian memutar tombol HEATER VOLT ADJUSTMENT (2) searah arah jarum jam sedikit saja dan mengatur arus dengan memutar perlahan-pelan tombol (3) sehingga jarum ammeter menyimpang dengan baik.
- Selanjutnya, jika jarum ammeter (12) terlalu menyimpang ke kanan setelah langkah di atas, mengupayakan menurunkan arus dengan cara memutar perlahan-pelan tombol (2) berlawanan arah putar jarum jam. (Mengulangi langkah-langkah di atas beberapa kali jika diperlukan). Ini berarti telah mengatur tombol HEATER VOLT ADJUSTMENT (2) dan tombol G_1 -K VOLT ADJUSTMENT (3) sedemikian rupa sehingga jarum ammeter (12) disimpangkan oleh arus G_2 -P hingga jarum ammeter pada posisi tengah. Oleh karena itu, dikehendaki arus

pemanas sekecil mungkin dan jarum ammeter turun (arus G_2 -P turun) dari posisi paling kanan jika memutar tombol G_1 -K VOLT ADJUSTMENT (3) berlawanan arah atau searah arah putar jarum jam.

7. Jika pengaturan sebagaimana yang tertulis pada point (6) telah selesai, kemudian mengatur tombol G_2 -K VOLT ADJUSTMENT (5) berlawanan arah putar jarum jam sehingga tegangan G_2 -K nol, dan kemudian mengatur jarum ammeter (12) pada posisi nol. Setelah "zero adjustment", dengan memutar tombol (5), mengembalikan tombol G_2 -K sekitar 30 V. (Menjaga jarum ammeter agar tetap kembali pada posisi tengah).
8. Memutar pelan-pelan tombol G_2 -P VOLT ADJUSTMENT (4) sehingga jarum ammeter turun ke 2/3 posisi tengah. Kemudian memutar tombol (5) berlawanan arah putar jarum jam sejauh mungkin.
9. Setelah operasi di atas, seraya pelan-pelan memutar tombol G_2 -K VOLT ADJUSTMENT (5), menggambar grafik tegangan yang ditunjukkan oleh voltmeter (V) dan arus yang ditunjukkan oleh ammeter (I). Jika mengubah saklar (9) pada posisi "AUTO", selanjutnya memutar tombol G_2 -K VOLT ADJUSTMENT (5) searah jarum jam sejauh mungkin. (Tegangan G_2 -K secara otomatis berubah dengan kontinu) Jika sekarang mengatur tegangan G_2 -P dengan tombol (4), bagian bawah grafik menjadi dalam atau dangkal tergantung pada pengaturan yang dilakukan. Selain itu, kedalaman atau kedangkalan grafik juga ditentukan oleh pengaturan arus pemanas.
10. Memasukkan hasil pengukuran pada tabel sebagai berikut :

No	V (Volt)	I (mA)

V. Tugas-tugas

1. Buat grafik antara tegangan pemercepat (V) dengan arus anoda (I)
2. Berdasarkan hasil yang didapat, hitunglah besarnya energi yang diperlukan untuk mengeksitasi atom Neon ke tingkat pertama ?
3. Mengapa ada lebih dari satu maksimum dari grafik di atas ?
4. Dari hasil no.1, hitunglah panjang gelombang sinar yang dipancarkan oleh atom Ne akibat dari eksitasi elektron dari tingkat pertama ke tingkat dasar?
5. Berikan interpretasi terhadap grafik yang anda peroleh dari percobaan ini.