

**PANDUAN PRAKTIKUM**

**FISIKA MODERN**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MIPA  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
PONTIANAK  
2018**

# PERCOBAAN I TETES MINYAK MILLIKAN

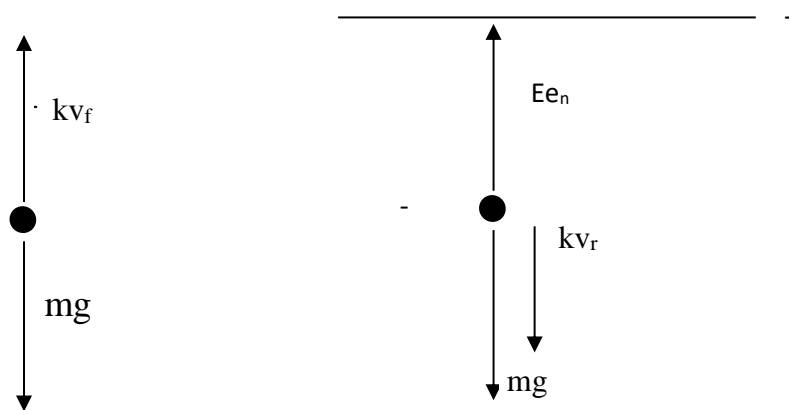
## A. Tujuan Percobaan

1. Menentukan muatan satuan elektron ( $e$ ).
2. Menunjukkan sifat diskrit muatan elektron.
3. Menentukan bil. Avogadro ( $N$ ) berdasarkan persamaan Faraday.

## B. Dasar Teori

Elektron mempunyai peran yang besar dalam memahami gejala kelistrikan dan kemagnetan hingga saat ini. Akan tetapi keberadaan elektron belum diketahui hingga tahun 1890 ketika J.J Thompson melakukan percobaan tabung sinar katoda yang menghasilkan tetapan standart elektron ( $e/m$ ). Pengukuran tetapan  $e$  mula-mula dilaksanakan oleh J.S Townsend pada tahun 1897, namun hasilnya tidak cukup memuaskan. Pengukuran yang lebih baik dilakukan oleh Robert A. Millikan (1868-1953) melalui percobaan tetes minyak Millikan, yang telah menghasilkan harga muatan elektron ( $e$ ) secara akurat dan juga telah menunjukkan bahwa muatan elektron bersifat diskrit. Robert Millikan melakukan percobaan dengan menyeimbangkan gaya-gaya antara gaya gravitasi dan gaya listrik pada suatu tetes kecil minyak yang berada di antara dua buah pelat konduktor.

Pada eksperimen tersebut, ketika minyak jatuh di udara akan mengalami percepatan ke bawah yang disebabkan oleh gaya gravitasi dan pada saat yang sama gerak tetes minyak tersebut dihambat oleh gaya Stokes. Kecepatan tetes minyak akan meningkat sampai tercapai kecepatan stasioner ketika gaya berat ke bawah sama dengan gaya Stokes ke atas. (gambar 1.1)



Gambar 1.1 Tetes minyak milikan dipengaruhi oleh gaya berat dan gaya Stokes

Pada keadaan ini dipenuhi kesetimbangan gaya:

$$\begin{aligned} F_g &= F_s \\ mg &= kv_f \end{aligned} \tag{1.1}$$

dimana  $m$  massa tetes minyak tersebut dimuati dan diletakkan diantara dua buah plat konduktor yang diberi beda tegangan sebesar  $\Delta V$  maka tetes minyak akan bergerak ke atas. Kecepatan ke atas akan meningkat sampai tercapai keadaan stasioner ketika dipenuhi kesetimbangan gaya (seperti gambar 1.1.b):

$$\begin{aligned} F_c &= F_g + F_s \\ E e_n &= mg + kv_r \end{aligned} \tag{1.2}$$

dimana  $E$  kuat medan listrik diantara dua plat konduktor,  $e_n$  muatan tetes minyak,  $v_r$  : kecepatan naik stasioner.

Dari dua persamaan kesetimbangan gaya tersebut, harga  $k$  dapat dieliminasi sehingga diperoleh muatan tetes sebesar:

$$e_n = \frac{mg(v_f + v_r)}{E v_f} \tag{1.3}$$

Besaran massa  $m$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan  $m = \frac{4}{3} \pi a^3 \sigma$ , dimana  $\sigma$  adalah rapat massa tetes minyak. Sedangkan radius tetes minyak  $a$  dapat ditentukan dari persamaan Stokes:

$$a = \sqrt{\frac{9\eta v_f}{2g(\sigma - \rho)}} \tag{1.4}$$

dimana  $\eta$  adalah viskositas udara dan  $\rho$  adalah rapat massa udara.

Dari harga-harga  $m$  dan  $a$  maka dapat diperoleh muatan tetes sebesar:

$$e_n = \frac{4}{3} \pi a^3 \sigma g \frac{(v_f + v_r)}{E v_f} \tag{1.5}$$

Hukum Stokes hanya berlaku ketika kecepatan tetes minyak lebih besar dari 0,1 cm/s. Mengingat bahwa radius tetes minyak berkisar pada harga ( $a < 2 \times 10^{-6} \text{ cm}$ ) dengan kecepatan antara 0,01 cm/s - 0,001 cm/s, maka perlu diberikan koreksi terhadap persamaan Stokes. Faktor koreksi yang digunakan adalah :

$$\left[ \frac{1}{1 + b / pa} \right]^{3/2} \quad (1.6)$$

dimana  $b$  sebuah konstanta,  $a$  radius tetes minyak, dan  $p$  tekanan atmosfer.

Besar kuat medan listrik antara plat konduktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E = \Delta V / d \quad (1.7)$$

dimana  $\Delta V$  adalah beda tegangan diantara dua plat dan  $d$  adalah jarak antar pelat. Jika  $E$  diukur dalam satuan elektrostatik (esu) maka didapatkan hubungan:

$$E(\text{esu}) = \Delta V / 300d \quad (1.8)$$

Sehingga diperoleh:

$$e_n = 400d\pi a^3 \sigma g \left[ \frac{1}{1 + b / pa} \right]^{3/2} \frac{(v_f + v_r)}{(\Delta V) v_f} \quad (1.9)$$

dimana:

$e_n$  : muatan tetes minyak (esu)

$v_f$  : kecepatan jatuh stasioner (cm/s)

$d$  : jarak antar kedua plat (cm)

$v_r$  : kecepatan naik stasioner (cm/s)

$\sigma$  : rapat massa minyak ( $\text{g/cm}^2$ )

$\Delta V$  : beda tegangan antar plat (volt)

$\rho$  : rapat massa udara ( $\text{g/cm}^2$ )

$g$  : percepatan gravitasi ( $\text{cm/s}^2$ )

$\eta$  : viskositas udara ( $\text{dyne/cm}^2$ )

$b$  : konstanta ( $= 6,17 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{Hg}$ )

$p$  : tekanan atmosfer (cmHg)

$a$  : jari-jari tetes minyak (cm)

Harga  $e$  yang diperoleh dari eksperimen ini dapat digunakan untuk menghitung harga bilangan Avogadro ( $N$ ), yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$N = \frac{2,845 \times 10^{14} (\text{esu / gram berat ekuivalen})}{e (\text{esu})} \quad (1.10)$$

Perhitungan harga muatan elektron ( $e$ ) maupun bilangan Avogadro ( $N$ ) dapat dilakukan dalam satuan Sistem Internasional (SI) yaitu dengan persamaan:

$$e_n = \frac{4}{3} d\pi a^3 \sigma g \left[ \frac{1}{1+b/pa} \right]^{3/2} \frac{(v_f + v_r)}{(\Delta V) v_f} \quad (1.11)$$

Sedangkan harga bilangan Avogadro ( $N$ ) adalah :

$$N = \frac{9,625 \times 10^7 (\text{C / kg berat ekuivalen})}{e (\text{C})} \quad (1.12)$$

### C. Alat Dan Bahan

1. Millikan Oil Drop Apparatus
2. Adaptor DC 12 volt
3. High voltage DC power supply
4. Multimeter digital
5. Atomizer + minyak  $\sigma = 886 \text{ kg/m}^3$
6. Stopwatch
7. Barometer

### D. Cara Kerja

Susunlah alat dan bahan seperti gambar di bawah ini.

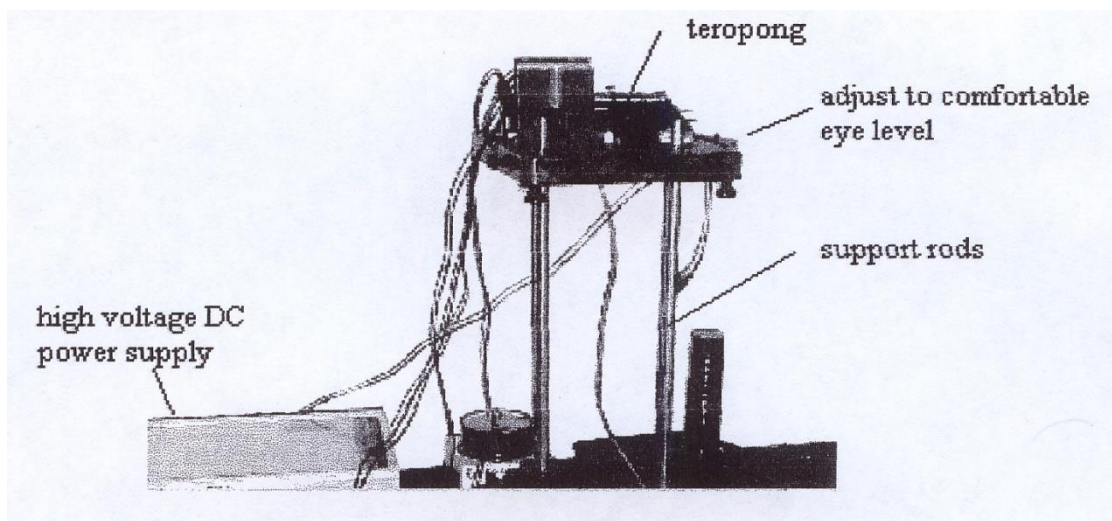
1. Sebelum melakukan pengukuran praktikan harus meletakkan peralatan tetes Millikan pada posisi horizontal dengan melihat gelembung air pada level meter tepat di pusat lingkaran, praktikan harus meletakkan posisi switch charging pada posisi nol, Adaptor (DC 12 volt) dan DC power supply pada posisi off, praktikan harus meletakkan posisi switch ionization source lever pada posisi OFF.
2. Setelah peralatan siap, hidupkan lampu halogen dengan memasang adaptor DC 12 volt.
3. Letakkan jarum pemfokus pada bagian atas chamber. Amati jarum pemfokus pada chamber melalui mikroskop, atur lensa belakang sehingga anda dapat melihat

dengan jelas pada jarum pemfokus dan atur lensa depan sehingga anda dapat melihat grid dengan jelas. Pindahkan jarum pemfokus dari chamber.

4. Siapkan atomizer yang berisi minyak, kemudian siapkan atomizer pada posisi siap menyemprot, Arahkan nozle atomizer tegak lurus pada lubang chamber. Pindahkan posisi switch ionization source lever ke posisi SPRAY DROPLET.
5. Sambil mengamati chamber melalui mikroskop, semprotkan atomizer dengan sekali tekan. Tekan sekali lagi untuk mendorong tetes minyak masuk ke dalam chamber.
6. Apabila sudah melihat hujan tetes-tetes minyak segera pindahkan ionization source lever ke posisi OFF.
7. Plat konduktor pada posisi nol (ground). Pilih satu tetes yang mempunyai kecepatan sekitar 0,02 – 0,05 mm/s. Catat kecepatan jatuh tetes minyak yang yang pilih. Jarak **skala utama** sebesar 0,5 mm. Kira-kira diperlukan waktu 15 detik untuk melintasi **skala utama** tersebut (0,5 mm).
8. Penembakan dengan sinar alpha. Pindahkan ionization lever ke posisi ON selama 3-4 detik, untuk memberi muatan pada tetes yang sama. Selanjutnya berilah tegangan DC pada plat konduktor, dengan memindahkan switch dari nol ke positif. Akan terlihat bahwa dengan merubah tegangan (+ atau -) akan merubah arah gerak tetes, pilih agar tetes tersebut bergerak ke atas. Catat kecepatan naik tetes minyak yang sama.
9. Lepaskan tegangan pada plat konduktor (ground), maka tetes akan jatuh lagi dan catat kecepatan jatuhnya. Berilah tegangan pada plat, maka tetes akan naik lagi dan catat kecepatan naiknya.
10. Jika tetes tidak memberikan respon terhadap tegangan plat, maka tembakkan lagi sinar alpha untuk memberi muatan-muatan tetes (3-4) detik). Catat kecepatan jatuh dan naik tetes minyak yang sama.
11. Lakukan pengukuran ini sampai sebanyak 11 pasang kecepatan naik dan kecepatan turun dan sedapat mungkin gunakan satu tetes minyak saja.
12. Catatlah hasil pengamatan pada tabel berikut ini

Pengukuran Tetes Ke-	Kecepatan Turun		Kecepatan Naik		Muatan Tetes ( C )
	Jarak (m)	Waktu (s)	Jarak (m)	Waktu (s)	

13. Hitunglah nilai-nilai  $v_f$ ,  $v_r$  dan harga muatan tetes minyak untuk masing-masing eksperimen
15. Buatlah grafik antara muatan dan jumlah elektron, yaitu dengan jalan meletakkan muatan terkecil sebagai titik referensi, dan meletakkan muatan-muatan lainnya pada titik-titik skala yang bersesuaian. Hitung selisih antara dua muatan yang terdekat !
16. Hitunglah nilai muatan elementer elektron ( $e$ ) dan bil. Avogadro ( $N$ ). Hitung ketidakpastian eksperimen !



Gambar 1.2 Rangkaian Alat Tetes Millikan

## **PERCOBAAN 2**

### **PERCOBAAN FRANK HERTZ**

#### **A. TUJUAN PERCOBAAN**

- Penggunaan kurva Frank-Hertz
- Demonstrasi penyerahan energi yang tidak kontinyu dari elektron-elektron bebas kepada atom air raksa (tumbukan elektron percobaan Frank-Hertz)

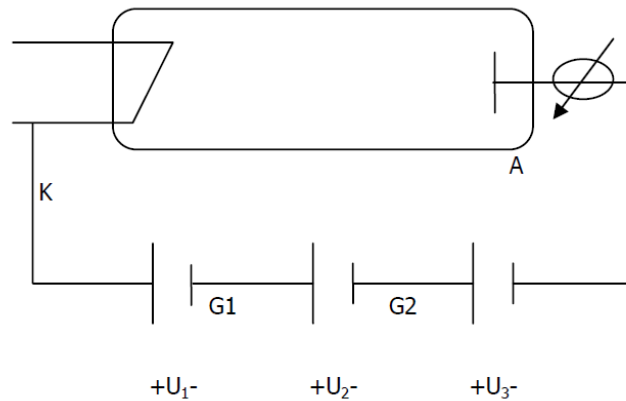
#### **C. DASAR TEORI**

Sejak awal mulanya penggunaan spektroskopi dalam percobaan fisika atom, telah diketahui bahwa atom mengemisikan radiasi pada frekuensi yang bersifat diskrit. Menurut model atom Bohr, frekuensi radiasi  $\nu$  berhubungan dengan perubahan level energi yang ditulis dalam perumusan  $\Delta E = h\nu$ . Eksperimen lanjut membuktikan bahwa absorpsi radiasi oleh atom juga terjadi pada frekuensi yang diskret.

Maka, diharapkan pula transfer energi pada elektron atom melalui mekanisme apapun besarnya akan selalu diskret dan berhubungan dengan spektrum atom tersebut, seperti yang digambarkan oleh persamaan diatas. Salah satu mekanisme transfer energi adalah melalui tumbukan elektron yang bersifat tak elastis dari suatu keseluruhan atom. Jika atom yang dibombardir tidak mengalami ionisasi dan bila sedikit energi digunakan untuk keseimbangan momentum, maka seluruh energi kinetik dari elektron yang ditembakkan dapat tersalur ke dalam sistem atom.

Percobaan yang dilakukan oleh Frank dan Hertz pada prinsipnya adalah sederhana yaitu mencoba mengukur energi kinetik elektron sebelum dan sesudah ditumbukkan pada atom-atom merkuri. Percobaan dilakukan dengan suatu tabung yang menghasilkan sinar katoda (Gambar 1). Tabung diisi uap merkuri. Pada waktu seberkas sinar katoda memancar dari katoda, berkas elektron tersebut akan menghantam atom-atom uap merkuri. Berkas tersebut akan melewati anoda dan akan menuju ke pengumpul elektron yang dihubungkan dengan sebuah mikroamperemeter. Pengumpul diberi tegangan lebih negatif dari anoda (misal 0,5 eV), sehingga ketika energi kinetik elektron kurang dari selisih tegangan anoda pengumpul elektron tidak akan sampai ke pengumpul (arus tidak akan terdeteksi). Dengan mengatur tegangan pengumpul dan mengamati arus yang mengalir pada mikroamperemeter. Frank dan Hertz mampu menghitung besarnya energi kinetik elektron seolah menghantam atom-atom merkuri.





Gambar 1. Bentuk Tabung Frank Hertz AK G2G1+U1-+U2-+U3-

### C. METODE PERCOBAAN

#### Alat dan Bahan

1. Oven, untuk memanaskan tabung Frank Hertz

Dimensi = 11 cm x 9 cm x 13 cm

Warna = Merah

Berat = 1,4 Kg

Temperatur = 600°C

2. Frank-Hertz Power Supply

Dimensi = 30 cm x 21 cm x 23 cm

Warna = Merah

Berat = 2,9 Kg

3. Power Suply, 115/230 V, 50/60 Hz

#### Cara Kerja

- Menyusun sesuai dengan gambar 1
- Memasukkan tabung Frank Hertz pada kerangkanya, memanaskan tabung oven serta menyalakan daya stabil
- Setelah itu, menyetel  $U_1$  pada 1,5 Volt dan  $U_3$  pada 3 Volt.
- Melakukan percobaan dengan memvariasi  $U_2$  setiap 0,2 Volt 20 Volt dan mengamati besarnya arus serta mencatatnya.

Gambar-gambar percobaan:

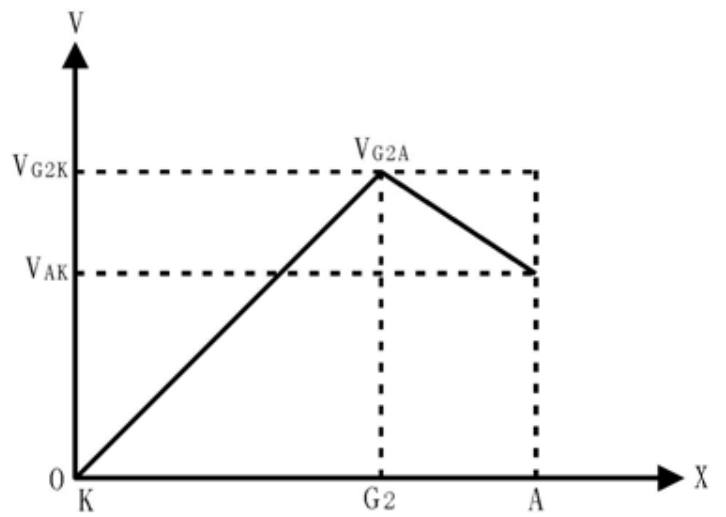
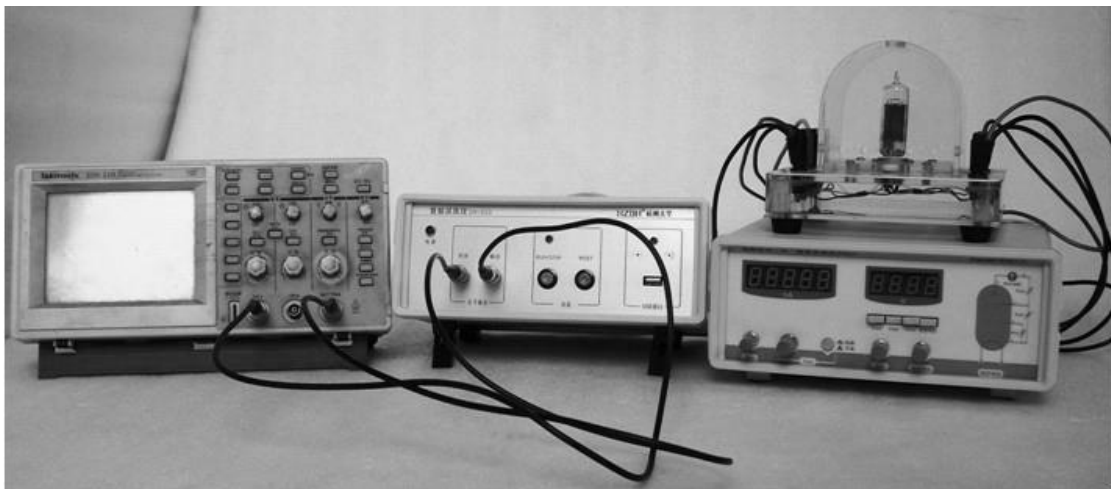


Figure 1 Principle Drawing Franck-hertz Tube

Figure 2 the Distribution of Space Potential in Franck-hertz Test

### PERCOBAAN 3

#### EFEK FOTOLISTRIK ( $h/e$ )

##### A. Tujuan

1. Menentukan fungsi kerja (work function) suatu fotodioda,
2. Menentukan nilai tetapan Planck ( $h$ ) dan energi kinetik maksimum fotoelektron.

##### B. Dasar Teori

Pada tahun 1901 Planck telah mempublikasikan hasil penemuannya tentang hukum radiasi cahaya (elektromagnetik). Dia menyatakan bahwa sebuah osilator, atau setiap sistem, akan mempunyai energi yang bersifat diskrit atau bertingkat. Disamping itu, sifat emisi dan absorpsi sebuah radiasi elektromagnetik selalu berkaitan dengan adanya peristiwa transisi antara dua tingkat energi. Energi yang hilang atau yang didapatkan oleh sebuah osilator akan dipancarkan atau diabsorpsi dalam bentuk energi kuantum. Besar energi kuantum dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$E_f = h\nu \tag{3.1}$$

dimana  $E_f$  energi yang dipancarkan,  $\nu$  adalah frekuensi gelombang elektromagnetik dan  $h$  adalah tetapan Planck.

Untuk melepaskan elektron dari suatu logam diperlukan sejumlah energi minimal yang besarnya tergantung pada jenis / sifat logam tersebut. Energi minimal ini disebut work function atau fungsi kerja dari logam, dan dilambangkan dengan  $\phi_0$ . Energi tersebut diperlukan untuk melepaskan elektron yang terikat pada logam.

Bila suatu gelombang elektromagnetik dengan frekuensi  $\nu$  dikenakan pada permukaan suatu logam dengan fungsi kerja  $\phi_0$ , dimana  $h\nu > \phi_0$ , maka elektron pada permukaan logam tersebut akan terlepas keluar. Bila energi gelombang elektromagnetik tersebut tepat sama dengan fungsi kerja logam ( $\phi_0$ ) maka frekuensi elektromagnetiknya dinamakan frekuensi ambang, dan besarnya:

$$\nu_0 = \frac{\phi_0}{h} \tag{3.2}$$

Dikatakan bahwa ketika frekuensi gelombang elektromagnetik lebih kecil dari frekuensi ambang logam ( $\nu_0$ ) maka tidak akan terjadi pelepasan elektron, sebaliknya akan terjadi pelepasan elektron jika frekuensinya lebih besar dari  $\nu_0$ . Gejala terlepasnya elektron dari

permukaan logam disebabkan oleh tumbukan gelombang elektromagnetik ini dinamakan *efek / gejala fotolistrik*.

Jika suatu gelombang elektromagnetik menumbuk permukaan logam maka sebagian energinya akan digunakan untuk melepaskan elektron dan sebagian lagi untuk menambah energi kinetik elektron. Besar energi kinetik dari proses fotolistrik ini adalah:

$$\Delta E_k = h\nu - h\nu_0 = h(\nu - \nu_0) \quad (3.3)$$

Gejala fotolistrik akan teramati dengan munculnya arus fotoelektron. Besar arus fotoelektron ini dapat diukur sebagai nilai beda potensial antara katoda dan anoda.

Jika dua elektroda tersebut diberi beda potensial dari luar, maka dengan mengatur beda potensial ini akan diperoleh keadaan dimana arus fotoelektron akan terhenti. Yaitu ketika energi kinetik elektron sama dengan energi potensial oleh dua elektroda tersebut ( $\Delta E_k = e\Delta V$ ). Sehingga diperoleh persamaan :

$$\Delta V = \frac{h}{e}\nu - \frac{\phi_0}{e} \quad (3.4)$$

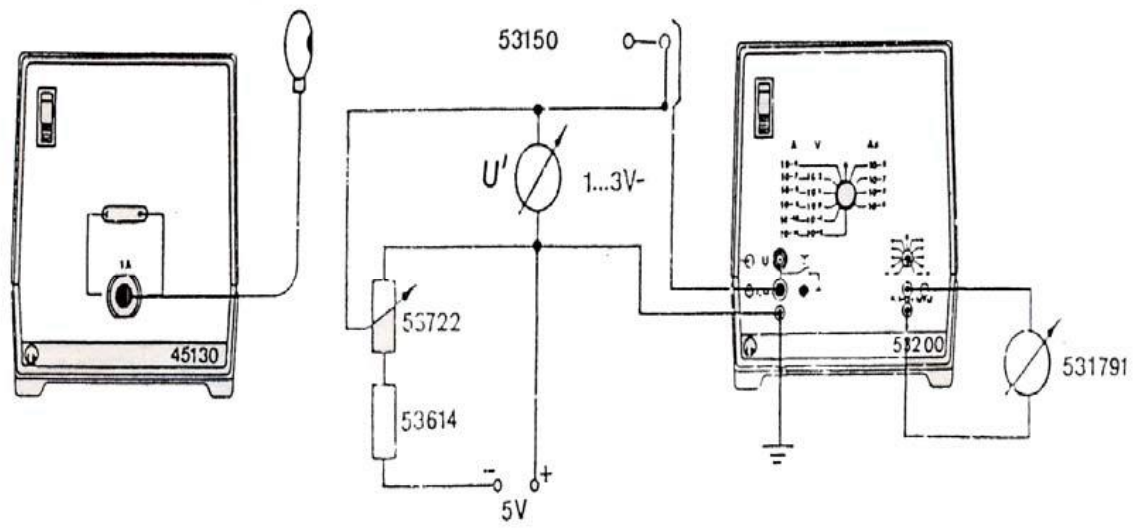
Beda potensial  $\Delta V$  ini dinamakan potensial penghenti (Stopping potensial).

### C. Alat dan bahan

1. Satu set susunan lengkap efek fotolistrik
2. Lampu Kalium
3. Trafo Universal
4. Tahanan geser
5. Multimeter
6. Instrumen Kumparan Putar

### D. Cara Kerja

1. Alat dan Bahan dirangkai seperti pada gambar
2. Nyalakan sumber daya
3. Ukurlah lampu polikromatik dari lampu kalium
4. Ukurlah arus pada saat  $U = 0V$ , mengatur tahanan geser dari  $1k\Omega$  sampai  $I = 0A$  dan mencatat tegangan
5. Ulangilah untuk berbagai spektrum warna yang dihasilkan lampu kalium.



Gambar 1. Rangkain alat Photo Listrik

## PERCOBAAN 4

### Penyerapan (Atenuasi) Sinar Gamma

#### A. Tujuan Praktikum

1. Memahami proses Atenuasi pada Sinar Gamma
2. Memahami Pengaruh Material Terhadap Proses Atenuasi Sinar Gamma
3. Menentukan Koefisien Atenuasi Linear untuk masing-masing *absorber* yang digunakan

#### B. Dasar Teori

##### a. Pengertian Sinar Gamma

Sinar gamma yang biasanya disimbolkan dengan  $\gamma$  merupakan radiasi gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tertinggi (panjang gelombang terpendek). Sinar  $\gamma$  dihasilkan dari interaksi-interaksi antarpartikel subatomik yang mekanismenya dapat terjadi secara alami maupun buatan. Secara alamiah sinar  $\gamma$  dihasilkan dari peristiwa peluruhan radioaktif.

##### b. Atenuasi Sinar Gamma

Ketika melewati suatu material, maka foton sinar gamma akan berinteraksi dengan material melalui proses efek fotolistrik, efek Compton dan produksi pasangan. Proses atenuasi sinar  $\gamma$  saat melewati absorber yang mempunyai ketebalan  $x$  dinyatakan dengan Hukum Lambert :

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

dengan  $I$  = intensitas yang tertransmisi

$I_0$  = intensitas datang (mula-mula)

$e$  = 2.718

$\mu$  = koefisien atenuasi linier dari *absorber*

Half – value layer (HVL) untuk sinar  $\gamma$  adalah ketebalan dari *absorber* yang memberikan intensitas tertransmisi menjadi setengah dari intensitas datang. HVL untuk aluminium (Al) saat dilewati oleh sinar  $\gamma$  dan timbale tentunya akan memiliki nilai yang berbeda. Persamaan yang menghubungkan HVL dengan koefisien atenuasi linier adalah :

$$HVL = \frac{0.693}{\mu}$$

Hukum Lambert dapat dinyatakan juga dengan persamaan :

$$I = I_0 e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)(\rho x)} = I_0 e^{-\mu_m(\rho x)}$$

dengan  $\mu_m =$  koefisien atenuasi massa =  $\mu/\rho$   
 $\rho =$  densitas dari material

#### C. Alat dan Bahan

1. Radium-226 sebagai sumber sinar gamma
2. Seperangkat absorber (timbangan dan aluminium)
3. Pencacah Geiger Muller
4. Jangka Sorong

#### D. Cara Kerja

1. Ukur intensitas mula-mula dari sinar  $\gamma$  selama 3 menit ( $I_0$ )
2. Pasang *absorber* di antara sumber  $\gamma$  (Ra-226) dan pencacah Geiger Muller
3. Catat ketebalan dari Absorber
4. Ukur Intensitas sinar  $\gamma$  setelah melewati *absorber* selama 3 menit
5. Ulangi langkah 2 sampai 4 untuk ketebalan *absorber* yang berbeda-beda.
6. Ulangi langkah 2 sampai 5 untuk jenis *absorber* yang lain

## PERCOBAAN 5

### Tabung Sinar Katoda

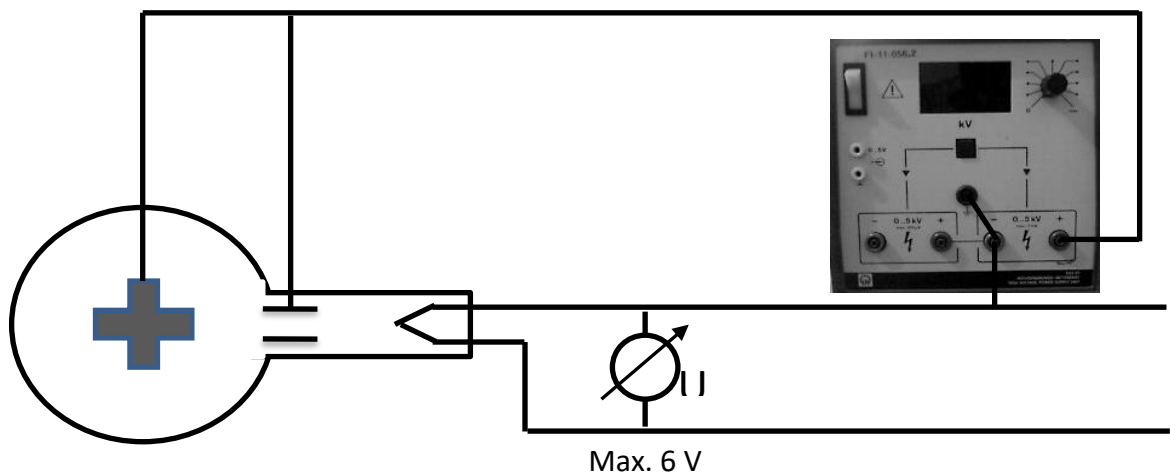
#### A. Tujuan Percobaan

1. Memahami prinsip kerja dari tabung sinar katoda
2. Mengamati Pengaruh Sinar Katoda Terhadap Medan Magnet

#### B. Dasar Teori

Tabung Sinar Katoda (*Cathode Ray Tube/CRT*) merupakan suatu tabung vakum yang terdiri dari sumber elektron (*electron gun*) dan layar pendar, dengan potensial pemercepat elektron yang dipasang di antara anoda dan katoda.

Susunan Peralatan dari tabung sinar katoda ditunjukkan oleh gambar 5. 1



Gambar 5. 1 Rangkaian Peralatan Tabung Sinar Katoda

#### C. Peralatan

1. Tabung Sinar Katoda
2. Sumber Tegangan AC
3. Sumber Tegangan DC
4. Sumber Potensial Pemercepat DC tegangan tinggi



#### **D. Cara Kerja**

1. Susun Rangkaian Peralatan Seperti Gambar 5.1
2. Naikkan tegangan pemercepat mulai dari 1 kV, 2kV, sampai 5 kV, amati apa yang terjadi
3. Hubungkan kumparan pertama dengan arus DC, naikkan tegangan amati apa yang terjadi
4. Ubah polaritas hubungan kumparan pertama dengan arus DC amati apa yang terjadi
5. Hubungkan kumparan kedua dengan arus DC, naikkkan tegangan amati apa yang terjadi
6. Ubah polaritas hubungan kumparan kedua dengan arus DC amati apa yang terjadi