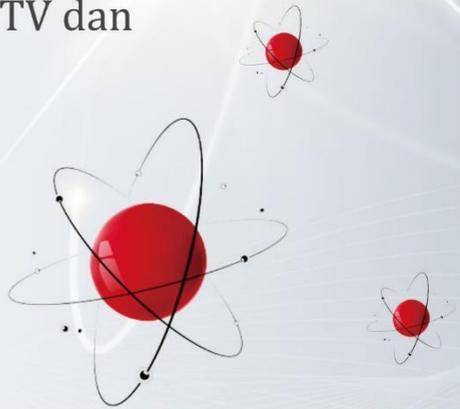


# PENGUKURAN

# ELEKTRON

Menggunakan Tabung TV dan  
Kumparan Helmholtz



**Elyakim Nova Supriyedi Patty, S.Si., M.Pd.**

**Liefson Jacobus, S.Si., M.Sc.**

**Heri Sopian Hadi, S.Pd, M.Pd.**

**Marlina, S.Pd, M.Pd.**

**Sri Astuti Iriyani, S.Pd.I, M.Pd.**

**Abdul Rahim, S.Pd., M.Pd.**

**Irhas, S.Kom.,M.Pd.**

**Reny Refitaningsih Peby Ria, M.Pd.**

**Lalu Busyairi Muhsin, M.Pd.**

**Syafira Mahfuzi Ardiyati, M.Pd.**

**Mia Awaliyah, S, Pd., M. Pd.**

# **PENGUKURAN ELEKTRON**

**(Menggunakan Tabung TV dan Kumparan Helmholtz)**

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113**  
**Undang-undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta**

1. **Setiap Orang** yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

# **PENGUKURAN ELEKTRON**

**(Menggunakan Tabung TV dan Kumparan  
Helmholtz)**

**Elyakim Nova Supriyedi Patty, S.Si., M.Pd.**

**Liefson Jacobus, S.Si., M.Sc.**

**Heri Sopian Hadi, S.Pd, M.Pd.**

**Marlina, S.Pd, M.Pd.**

**Sri Astuti Iriyani, S.Pd.I, M.Pd.**

**Abdul Rahim, S.Pd., M.Pd.**

**Irhas, S.Kom.,M.Pd.**

**Reny Refitaningsih Peby Ria, M.Pd.**

**Lalu Busyairi Muhsin, M.Pd.**

**Syafira Mahfuzi Ardiyati, M.Pd.**

**Mia Awaliyah, S, Pd., M. Pd.**



**ARTA MEDIA**  
**NUSANTARA**

# **PENGUKURAN ELEKTRON**

## **(Menggunakan Tabung TV dan Kumparan Helmholtz)**

**Diterbitkan pertama kali oleh CV Arta Media**  
**Hak cipta dilindungi oleh undang-undang *All Rights Reserved***  
**Hak penerbitan pada CV Arta Media**  
**Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini**  
**tanpa seizin tertulis dari Penerbit**

Cetakan Pertama: April 2023

14,8 cm x 21 cm

**ISBN: 978-623-09-3031-7**

### **Penulis:**

Elyakim Nova Supriyedi Patty, S.Si., M.Pd. || Liefson Jacobus, S.Si., M.Sc.  
Heri Sopian Hadi, S.Pd, M.Pd. || Marlina, S.Pd, M.Pd.  
Sri Astuti Iriyani, S.Pd.I, M.Pd. || Abdul Rahim, S.Pd., M.Pd.  
Irhas, S.Kom.,M.Pd. || Reny Refitaningsih Peby Ria, M.Pd.  
Lalu Busyairi Muhsin, M.Pd. || Syafira Mahfuzi Ardiyati, M.Pd.  
Mia Awaliyah, S, Pd., M. Pd.

### **Editor:**

Dimas Rahman Rizqian

### **Desain Cover:**

Dwi Prasetyo

### **Tata Letak:**

Ladifa Nanda

### **Diterbitkan Oleh:**

CV Arta Media

**NIB. 0303230028852**

Jalan Kebocoran, Gang Jalak No. 52, Karangsalam Kidul,  
Kedungbanteng, Banyumas, Jawa Tengah  
Email: [artamediantara.co@gmail.com](mailto:artamediantara.co@gmail.com)  
Website: <http://artamedia.co/>  
Whatsapp : 081-392-189-880

Isi di luar tanggung jawab CV Arta Media



# Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala anugerah dan rahmat-Nya buku Pengukuran Elektron: Menggunakan Tabung TV dan Kumparan Helmholtz dapat disusun dan disajikan kepada pembaca sekalian. Buku ini merupakan pengembangan dari penelitian penulis, ketika menempuh studi pada program studi Fisika, Fakultas Fisika dan Komputer Universitas Kristen Imanuel Yogyakarta.

Buku ini membahas tentang Pengukuran  $e/m$  elektron Menggunakan Tabung Televisi (TV) Dan Kumparan Helmholtz dengan membandingkan ketetapan hasil eksperimen J. J. Thomson yaitu  $e/m = 1,176 \times 10^{11} \text{C/Kg}$ .

Tujuan disusunnya buku ini, yaitu sebagai salah satu referensi dalam praktikum menentukan nilai  $e/m$  dengan biaya lebih murah dan peralatan yang mudah ditemukan.

Akhirnya, penulis berharap semoga buku ini, dapat menjadi berkah dan manfaat untuk kita semua, dalam ilmu pengetahuan khususnya masalah ilmu fisika.

**Penulis**

# Daftar Isi

HALAMAN JUDUL .....	i
TENTANG BUKU .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB 1 Pengukuran Elektron.....	1
BAB 2 Medan Magnet Arus Listrik.....	5
BAB 3 Eksperimen Teori Elektron Joseph John Thomson.....	23
BAB 4 Tabung Televisi Hitam Putih .....	27
BAB 5 Gerakan Elektron Pada Tabung TV.....	37
BAB 6 Tahap Eksperimen.....	43
BAB 7 Data Percobaan dan Perhitungan .....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN .....	63
INDEKS.....	65
PROFIL PENULIS.....	67

## Daftar Gambar

Gambar II.1	cara kerja pelepasan elektron dari katoda ke anoda..	2
Gambar II.2	elektron bergerak dalam medan magnet B.....	3
Gambar II.3	medan magnetik di sekitar kawat berarus .....	5
Gambar II.4	kawat kecil yang dialiri arus listrik.....	8
Gambar II.5	elemen kecil ds yang berjarak r dan titik P.....	9
Gambar II.6	Aturan tangan kanan untuk menentukan arah medan magnet .....	10
Gambar II.7	arah ds dari kiri ke kanan pada kawat kecil .....	12
Gambar II.8	panjang kawat dengan sudut sampai .....	13
Gambar II.9	aturan tangan kanan untuk menentukan arah arus dan medan magnet.....	14
Gambar II.10	pergerakan arus pada suatu loop dengan sudut $\theta$ ....	14
Gambar II.11	dua kawat sejajar dengan medan magnetik .....	15
Gambar II.12	kontribusi kawat elemen ds .....	15
Gambar II.13a	Loop kawat dengan jari-jari R untuk menghitung medan magnetik dititik .....	17
Gambar II.13b	arah medan magnetik pada kawat ds.....	17
Gambar II.14	ds (seluruh lingkaran loop) bergerak berputar searah arah arus.....	19
Gambar II.15	gambar model kumparan Helmholtz.....	20
Gambar II.16	Joseph John Thompson .....	23
Gambar II.17	Tabung Sinar Katoda .....	25
Gambar II.18	Peralatan Thomson untuk menentukan harga $e/m$ ..	25
Gambar II.19	Tabung gambar .....	30
Gambar II.20	Pembelokan horizontal dan vertikal.....	31
Gambar II.21	arus gigi gergaji (saw tooth current) .....	34
Gambar II.22	seberkas titik cahaya tampak pada tabung televisi...38	
Gambar II.23	gerakan elektron .....	39
Gambar II.24	gaya lorentz menyebabkan elektron bergerak melingkar.....	40

Gambar II.25	Perpindahan titik yang diakibatkan adanya medan magnet Helmholtz.....	41
Gambar III.1	Rangkaian tabung dengan kumparan Helmholtz.....	44
Gambar III.2	Rangkaian untuk mengukur dan memvariasikan tegangan ( $R_1$ membagi atau memvariasikan tegangan dan $R_2$ dan $R_3$ rangkaian untuk mengukur tegangan) .....	45
Gambar IV.1	grafik terhadap sepele jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 100 lilitan.....	51
Gambar IV.2	grafik terhadap sepele jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 150 lilitan.....	54
Gambar IV.3	grafik terhadap sepele jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 200 lilitan.....	56
Gambar IV.4	grafik terhadap sepele jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 250 lilitan.....	57
Gambar IV.5	grafik terhadap sepele jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 300 lilitan.....	59

## Daftar Tabel

Tabel IV.1 data percobaan 1 dengan N=100 lilitan.....	50
Tabel IV.2 data percobaan 1 dengan N=150 lilitan.....	53
Tabel IV.3 data percobaan 3 dengan N= 200 lilitan.....	55
Tabel IV.4 Tabel data percobaan 4 dengan N= 250 lilitan .....	57
Tabel IV.5 Tabel data percobaan 5 dengan N= 300 lilitan .....	59





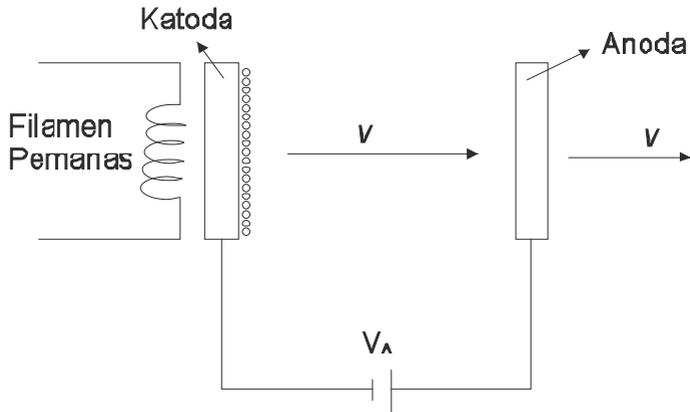
## BAB 1

# Pengukuran Elektron

Nama elektron diusulkan oleh G. J. Stony. Penemuan elektron dimulai dari eksperimen yang dilakukan oleh J. J. Thomson (1897) dengan tabung sinar katoda. Berdasarkan eksperimen tersebut, perbandingan antara muatan listrik dengan masa sinar katoda dapat ditentukan. Sinar katoda ini merupakan pancaran *elektron*. Dan hasil eksperimennya:

$$\frac{e}{m} = 1,76 \times 10^{11} \text{ C/Kg} \quad (\text{I.1})$$

Masih banyak lagi Fisikawan yang telah melakukan eksperimen tersebut. Jadi bukanlah hal yang baru untuk melakukan eksperimen ini. Penulis melakukan eksperimen menentukan  $e/m$  *elektron* dengan menggunakan tabung televisi (TV) dan kumparan Helmholtz.

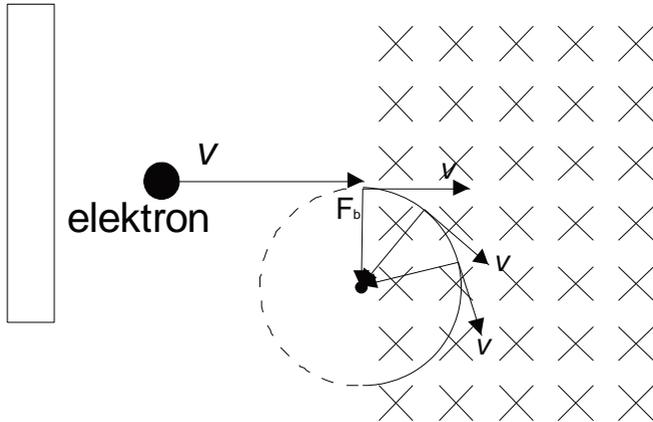


Gambar II.1 cara kerja pelepasan elektron dari katoda ke anoda

Filamen panas akan melepaskan elektron-elektron katoda, dan ketika diberikan beda potensial, elektron-elektron bergerak dipercepat menuju anoda.

Elektron dengan masa  $m$  dan muatan  $e$ , setelah dipercepat dengan beda potensial  $V_a$ , akan bergerak dengan kecepatan sebesar  $V$ , sehingga energi potensial diubah menjadi energi kinetik:

$$\frac{1}{2} m v^2 = e V_a \rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v^2}{2 V_a} \quad (\text{II.1})$$



Gambar II.2 elektron bergerak dalam medan magnet B

Bila elektron bergerak dengan kecepatan  $v$  berada di dalam medan magnet  $B$ , maka elektron tersebut akan mengalami gaya Lorentz sebesar (seperti tampak pada gambar II.2):

$$F_L = Bev \quad (II.2)$$

Gaya Lorentz ini menyebabkan elektron bergerak melingkar, dengan gaya sentripetal yang bekerja padanya, sehingga:

$$\frac{m v^2}{r} = B e v \quad (II.3)$$

Atau

$$v = \frac{e}{m} B r \quad (II.4)$$

dari persamaan (II.1) (II.4) akan didapatkan nilai  $e/m$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 V_a}{B^2 r^2} \quad (II.5)$$

Medan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan Helmholtz, besarnya bergantung arus ( $i$ ) yang melewatinya, menurut persamaan:

$$B = k i \quad (II.6)$$

Dengan  $k$  merupakan suatu konstanta yang nilainya tergantung pada kumparan yang digunakan

$$k = N \frac{8\mu_0}{5b\sqrt{5}} \quad (II.7)$$

Penulis menggunakan tabung televisi sebagai tabung vakum karena tabung tersebut banyak didapatkan di pasaran, demikian juga tegangan pemercepat ( $V_a$ ) dan pemanas filamen yang dipakai juga banyak tersedia di pasaran, sehingga pelaksanaan eksperimen akan dapat dilakukan, dengan bahan-bahan yang mudah di peroleh dan biaya lebih relatif terjangkau.

Dalam melakukan eksperimen di atas ada beberapa masalah yang penulis batasi yaitu apakah hasil yang kita inginkan dengan menggunakan CRT tabung televisi (TV) ini akan mendekati hasil yang telah ada sesuai dengan menggunakan tabung CRO atau tabung vakum yang lain, baik yang dipengaruhi dengan arus dan tegangan pemercepat.

Secara spesifik, buku ini bertujuan untuk menentukan nilai perbandingan antara  $e/m$  elektron dengan penggunaan tabung CRO TV. Serta, menguji kualitas metoda eksperimen yang digunakan dengan membandingkan metoda eksperimen yang dilakukan oleh J.J Thomson.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh yakni menentukan nilai perbandingan  $e/m$  elektron dengan menggunakan tabung CRO TV. Serta, membuktikan bahan metode eksperimen yang digunakan dapat dilakukan dengan bahan yang mudah didapatkan di pasaran dan dengan harga yang dapat dijangkau.

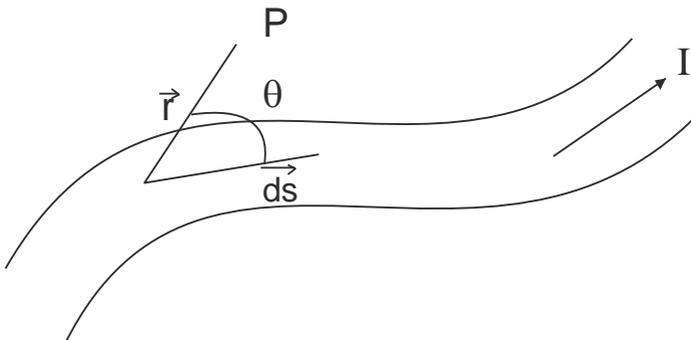
## BAB 2

# Medan Magnet Arus Listrik

Medan magnet muncul disebabkan oleh adanya muatan yang bergerak (arus). Jadi jika ada arus lurus maka terdapat medan magnet. Untuk menggambarkan medan magnet kita menggunakan garis-garis gaya medan yang menunjukkan arah medan magnet dan kerapatan garis medan magnet menunjukkan medan magnet, untuk dapat memperjelas medan magnetik maka sangat perlu mempelajari beberapa hal seperti Biot Savart medan magnet suatu kawat berarus.

### Hukum Biot Savart

Pada tahun 1919 Jean Biot Savart dan Felix Savart melakukan eksperimen dengan kawat berarus. Mereka menemukan bahwa di sekitar kawat berarus terdapat medan magnetik.



Gambar II.3 medan magnetik di sekitar kawat berarus

Mereka mencoba menghitung besarnya kuat medan,  $dB$  di suatu titik berjarak  $r$  dari suatu elemen kawat yang panjangnya  $ds$  dan dialiri arus  $I$  dan mereka mendapatkan bahwa:

1. Besar  $dB$  berbanding terbalik dengan  $r^2$

$$dB \propto \frac{I}{r^2} \quad (\text{II.8})$$

2. Besar  $dB$  sebanding dengan  $I$  dan dengan panjang elemen kawat  $ds$

$$dB \propto I \cdot ds \quad (\text{II.9})$$

3. Besar  $dB$  sebanding dengan  $\sin \theta$  dengan  $\theta$  menyatakan sudut antara vektor  $ds$  dengan vektor satuan  $\vec{r}$ .

$$dB \propto \sin \theta \quad (\text{II.10})$$

4. Arah vektor  $dB$  tegak lurus dengan arah  $ds$  dan tegak lurus dengan arah vektor satuan  $\vec{r}$ . Menurut rumus Biot dan Savart besarnya  $dB$  adalah:

$$dB \propto \frac{I \cdot ds \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (\text{II.11})$$

Agar suku sebelah kiri menjadi sama dengan suku sebelah kanan maka suku sebelah kanan harus dikalikan dengan suatu konstanta. Biot Savart menemukan bahwa besar konstanta itu adalah  $k_m = 10^{-7}$  satuan MKS sehingga rumus Biot Savart menjadi:

$$dB = k_m \frac{I \cdot ds \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (\text{II.12})$$

Karena vektor  $dB$  tegak lurus dengan vektor  $ds$  dan vektor satuan  $\vec{r}$  serta sudut yang dibentuk antara vektor  $ds$  dan vektor  $\vec{r}$  adalah  $\theta$  maka rumus di atas dapat ditulis dalam bentuk vektor:

$$dB = k_m \frac{I \cdot d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2} \quad (\text{II.13})$$

Inilah yang dikenal sebagai hukum Biot-Savart. Konstanta  $k_m$  di atas sering ditulis dalam bentuk

$$k_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \quad (\text{II.14})$$

Dengan  $\mu_0$  adalah permeabilitas dari ruang hampa.

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Wb}}{\text{A.m}} \quad (\text{II.15})$$

Catatan: satuan kuat medan magnetik T(tesla) atau  $\text{Wb}/\text{m}^2$  (Wb = weber). Satuan yang lebih kecilnya adalah gauss atau oersted

$$1 \text{ gauss} = 1 \text{ oersted} = 10^{-4} \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = 10^{-4} \text{ T}$$

Dalam suku  $\mu_0$  rumus Biot-Savart menjadi

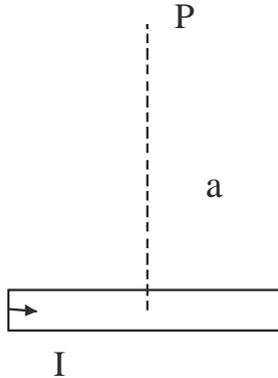
$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i \cdot d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2} \quad (\text{II.16})$$

Untuk menghitung kuat medan magnetik total pada suatu kawat yang panjangnya tertentu kita harus mengintegrasikan rumus di atas sehingga bentuk rumus Biot-Savart Menjadi:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{i \cdot d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2} \quad (\text{II.17})$$

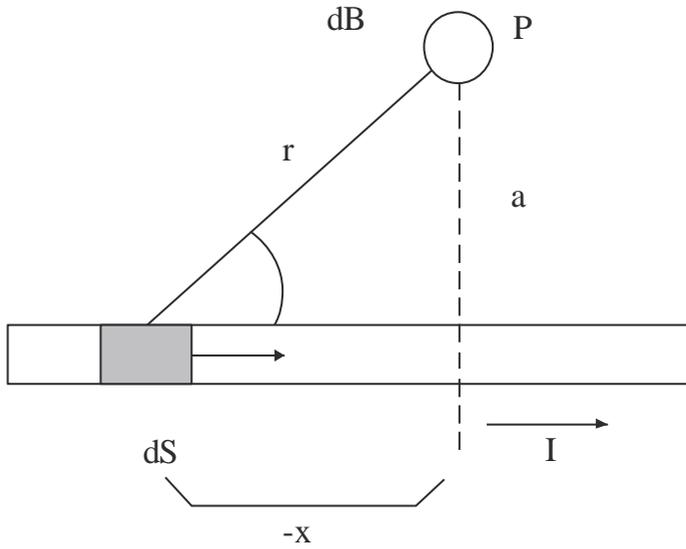
Dengan integral diambil pada keseluruhan konduktor. Pada perhitungan integral di atas harus sedikit hati-hati terutama dalam menggunakan batas-batas integralnya.

## Medan Magnetik Akibat Kawat Kecil Berarus

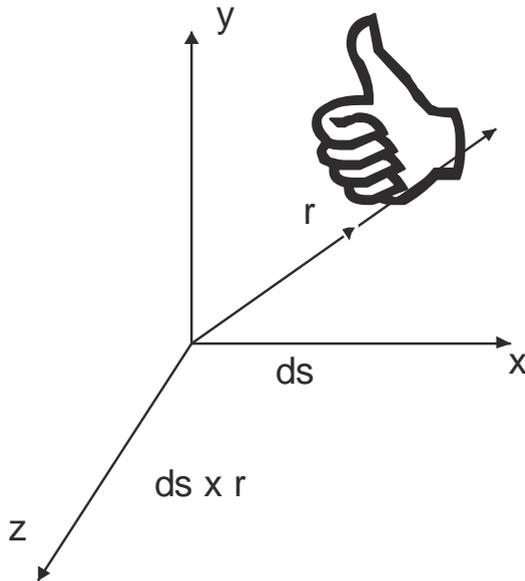


Gambar II.4 kawat kecil yang dialiri arus listrik

Anggap suatu kawat kecil dialiri arus listrik seperti tampak pada gambar II.3 untuk menghitung kuat medan magnetik dititik P yang berjarak  $a$  dari kawat tersebut, langkah pertama adalah menggambarkan suatu elemen kecil  $ds$  yang berjarak  $r$  dari titik P. kemudian gambarkan vektor satuan  $\vec{r}$  seperti pada gambar II.5, arah vektor ini diambil dari elemen kawat ke titik P



Gambar II.5 elemen kecil  $ds$  yang berjarak  $r$  dan titik  $P$



Gambar II.6 Aturan tangan kanan untuk menentukan arah medan magnet

Berikutnya adalah menentukan arah medan magnet yang disebabkan oleh elemen ini. Vektor  $ds$  arahnya searah dengan arah arus dan vektor  $\vec{r}$  arahnya dari elemen  $ds$  ke titik P. Sehingga arah  $\vec{ds} \times \vec{r}$  adalah keluar dari bidang kertas (menuju kita). Arah diberi symbol  $\bullet$ . (gunakan aturan tangan kanan)

Jika sumbu x kita ambil sumbu mendatar dan sumbu y adalah sumbu vertikal maka arah medan magnetik adalah arah sumbu z (gambar II.6).

$$\vec{ds} \times \vec{r} = k |ds| |\vec{r}| \sin \theta = k |ds| \sin \theta \quad (\text{II.18})$$

Gunakan hukum Biot-Savart, sehingga kita dapat menuliskan:

$$dB = \frac{\mu_0 i |ds| \sin \theta}{4\pi r^2} \quad (\text{II.19})$$

Sekarang perhatikan bahwa karena arah sumbu ds adalah pada arah sumbu x maka  $|ds| = dx$ . sehingga besarnya atau kuat medan magnetik dititik P (tanpa notasi vektor) adalah:

$$dB = \frac{\mu_0 i \sin \theta}{4\pi r^2} dx \quad (\text{II.20})$$

Untuk mengintegrasikan persamaan di atas, kita harus nyatakan semua variabel dalam satu variabel. Misalnya kita nyatakan semua variabel dalam suku  $\theta$ . Dengan menggunakan gambar II.5. kita peroleh:

$$\frac{a}{r} = \sin \theta$$

$$r = \frac{a}{\sin \theta} = a \csc \theta$$

$$\frac{a}{-x} = \tan \theta$$

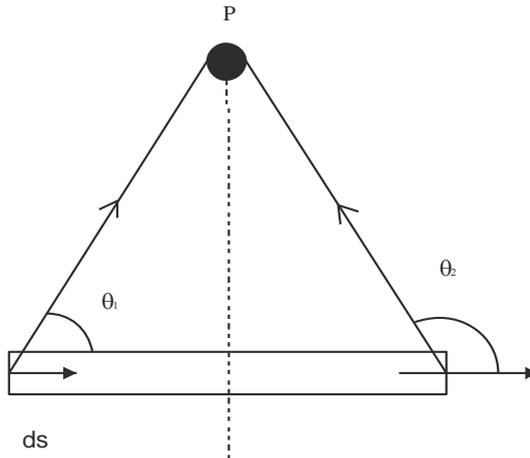
$$x = \frac{-a}{\tan \theta} = -a \cot \theta \quad (\text{II.21})$$

$$dx = -a d(\cot \theta) = -a(\csc^2 \theta d\theta) = \csc^2 \theta d\theta$$

Selanjutnya substitusi variabel-variabel ini ke dalam rumus  $dB$  sehingga kita peroleh

$$\begin{aligned} dB &= \frac{\mu_0 i \sin \theta}{4\pi r^2} dx \\ &= \frac{\mu_0 i \sin \theta}{4\pi (a \csc \theta)^2} a(\csc^2 \theta d\theta) \\ &= \frac{\mu_0 i \sin \theta}{4\pi a} d\theta \end{aligned}$$

$$= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \sin\theta d\theta \quad (\text{II.22})$$

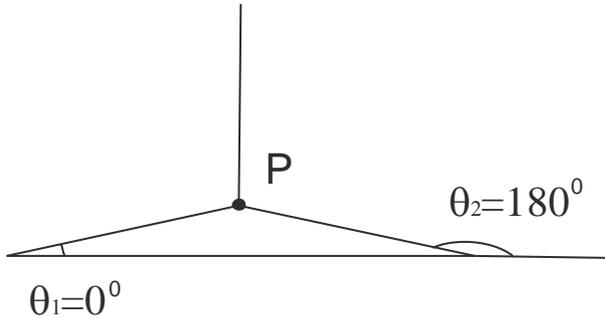


Gambar II.7 arah ds dari kiri ke kanan pada kawat kecil

Sekarang rumus di atas sudah dapat diintegritaskan, namun kita harus tentukan dulu batas-batas integralnya. Arah ds dari kiri ke kanan. Jadi batas bahwa integral diambil di ujung kanan. Karena B diintegrasikan terhadap  $\theta$  maka didapat batas bahwa integral adalah  $\theta_1$  dan batas atasnya  $\theta_2$  (perhatikan baik-baik pengambilan sudut  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  pada gambar II.7.

Hasil perhitungan integralnya adalah:

$$\begin{aligned} \vec{B} &= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta d\theta \\ &= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \cos\theta \Big|_{\theta_1}^{\theta_2} \\ B &= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} (\cos\theta - \cos\theta) \end{aligned} \quad (\text{II.23})$$

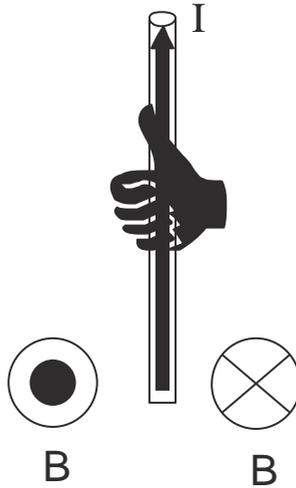


Gambar II.8 panjang kawat dengan sudut  $0^\circ$  sampai  $180^\circ$

Sekarang mari kita lihat kasus jika kawatnya panjang sekali. Pada gambar II.8 terlihat bahwa ketika kawat panjang sekali  $\theta_1 = 0^\circ$  dan  $\theta_2 = 180^\circ$ . Besarnya medan magnetik pada kasus adalah:

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} (\cos \theta - \cos \theta) \rightarrow B = \frac{\mu_0 i}{4\pi a} (\cos 0^\circ - \cos 180^\circ) \\
 &= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \{1 - (-1)\} \\
 B &= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \tag{II.24}
 \end{aligned}$$

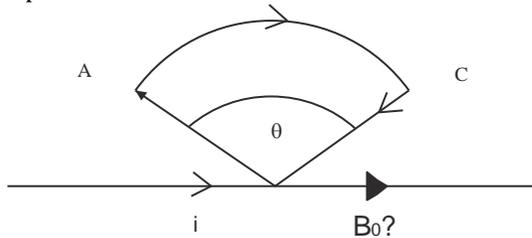
Gambar II.9 adalah rumus untuk kuat atau besar medan magnetik akibat kawat yang panjang sekali. Besar medan magnetik ini hanya tergantung  $a$  dengan pusat lingkaran pada kawat sama besar. Arah medan magnetiknya dapat dicari dengan menggempalkan keempat jari tangan kanan menunjukkan arah medan magnetik (gambar II.9).



Gambar II.9 aturan tangan kanan untuk menentukan arah arus dan medan magnet

### Medan Magnetik Dari Loop Arus

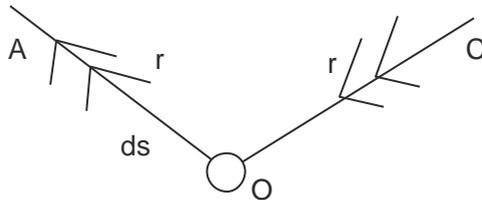
Anggap suatu arus bergerak dalam suatu loop seperti digambarkan pada gambar II.10 Loop terdiri dari 2 garis lurus dengan suatu busur berjari-jari  $R$ . sudut juring lingkaran yang dibentuk Loop adalah sebesar  $\theta$ .



Gambar II.10 pergerakan arus pada suatu loop dengan sudut  $\theta$

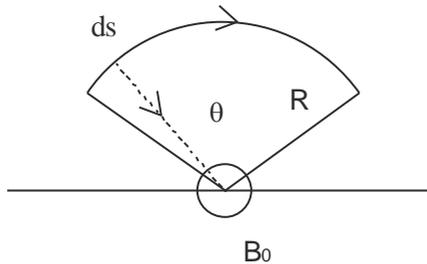
Kuat medan magnetik dititik 0 dapat dihitung dengan menjumlahkan kuat magnetik yang dihasilkan oleh kawat OA, AC dan C0

Kawat OA dan kawat CO pada kedua kawat ini arah  $ds$  berlawanan dengan arah vektor  $\vec{r}$  (gambar II.11) akibatnya  $d\vec{s} \times \vec{r} = 0$  kuat medan magnetik yang disebabkan oleh masing-masing vektor ini sama dengan nol.



Gambar II.11 dua kawat sejajar dengan medan magnetik

Kawat AC untuk menghitung kontribusi kawat ini, maka buat dulu elemen  $ds$  dan vektor seperti tampak pada gambar II.12 pada gambar tampak bahwa kedua vektor ini tegak sehingga  $d\vec{s} \times \vec{r} = -ds \hat{k}$ . Hal ini menunjukkan bahwa arah medan magnetik di titik arahnya ke  $\hat{k}$  yaitu menembus bidang kertas.



Gambar II.12 kontribusi kawat elemen  $ds$

Jadi kuat atau besar medan magnetik akibat elemen  $ds$  kawat AC pada titik 0 adalah

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 i \cdot ds \times \vec{r}}{4\pi r^2}$$

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 i \cdot ds}{4\pi r^2} (-K) \quad (\text{II.25})$$

Pada persamaan di atas variabel hanya  $s$ , sehingga kita dapat langsung integralkannya. Batas bahwa integral dapat diambil pada ujung kawat sebelah kiri (titik A) yang kita ambil sama dengan nol. Sedangkan batas atasnya (titik C) kita ambil dengan  $s = R\theta$

Dengan mengintegrasikan persamaan di atas, besar medan magnetik dititik 0 akibat busur AC adalah (hilangkan tanda vektornya).

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} \int_0^s ds = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} \Big|_0^s \\ &= \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} s = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} R\theta \\ B &= \frac{\mu_0 i\theta}{4\pi R^2} \end{aligned} \quad (\text{II.26})$$

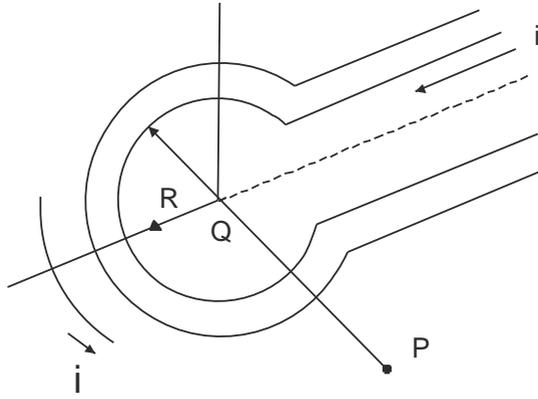
Dengan demikian besar medan magnetik di titik 0 akibat loop 0AC0 adalah:

$$B_0 = B_{0A} + B_{AC} + B_{C0} = \frac{\mu_0 i\theta}{4\pi R^2} \quad (\text{II.27})$$

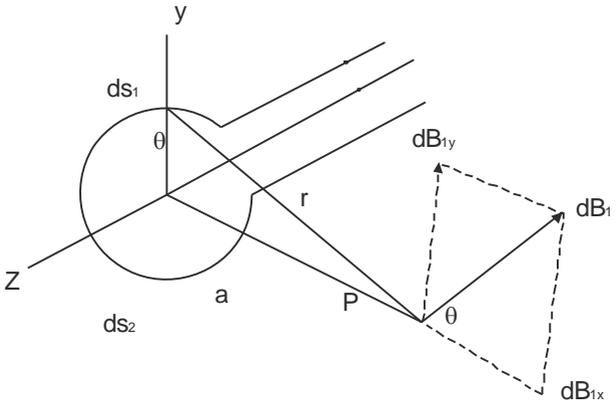
Arah medan ini menembus bidang kertas diberi tanda  $\otimes$ .

### Medan Magnetik di sumbu Loop Kawat Berarus

Gambar II.13 melukiskan suatu loop kawat dengan jari-jari  $R$ . untuk menghitung medan magnetik dititik P, seperti biasa kita gambarkan dulu vektor  $ds$  dan vektor  $\vec{r}$  seperti ditunjukkan pada gambar II.13a.



Gambar II.13a Loop kawat dengan jari-jari R untuk menghitung medan magnetik titik



Gambar II.13b arah medan magnetik pada kawat ds

Kedua vektor tegak lurus sehingga  $|\vec{ds} \times \vec{r}| = |\vec{ds}| |\vec{r}| \sin 90 = ds$  dengan menggunakan hukum Biot-Savart dan hasil di atas, besarnya medan magnetik titik P akibat elemen kawat sepanjang ds adalah:

$$dB = \frac{\mu_0 i \cdot ds_1}{4\pi r^3} \tag{II.28}$$

Arah medan magnetik ini digambarkan pada gambar II.13b vektor  $dB$  dapat diuraikan menjadi  $dB_x$  dan arah sumbu x dan  $dB_y$  arah sumbu y.

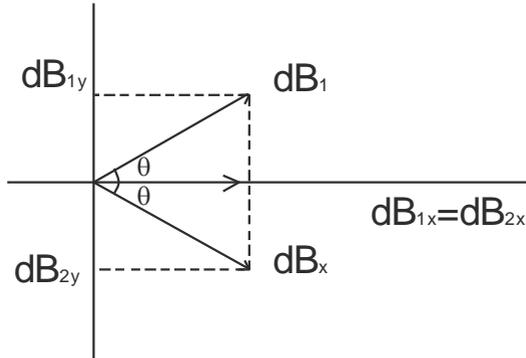
$$dB_x = aB \cos \theta = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} \cos \theta ds \quad (\text{II.29})$$

$$dB_y = aB \cos \theta = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} \cos \theta ds \quad (\text{II.30})$$

Sekarang bayangkan  $ds$  bergerak berputar searah arah arus, jika kontribusi dari seluruh  $ds$  (sepanjang lingkaran loop) digabungkan maka kita akan peroleh bahwa kontribusi arah sumbu y akan saling menghapuskan  $B_y = 0$ . Hal ini dapat dilihat pada gambar II.13 jika kita ambil dua elemen yang saling berlawanan  $ds_1$  dari kawat yang di atas sumbu y dan  $ds_2$  yang di bawah sumbu y, maka terlihat bahwa  $dB_{1y}$  dan  $dB_{2y}$  saling menghapuskan. Karena  $B_y = 0$  maka untuk menghitung B kita cukup mengintegrasikan  $dB_x$  yang menjadi variabel adalah  $s$  (besaran lain konstanta). Batas-batas integral diambil sebagai berikut:

Batas bawah integral : diambil ketika arus mulai memasuki loop, disini kita ambil sama dengan nol.

Batas atas integral: diambil ketika arus meninggalkan loop, ini terjadi setelah arus melintas sejauh  $2\pi R$ , jadi batas atasnya adalah  $2\pi R$ .



Gambar II.14  $ds$  (seluruh lingkaran loop) bergerak berputar searah arah arus

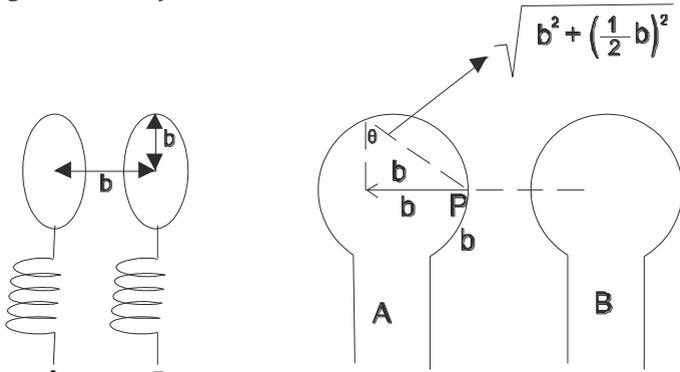
$$\begin{aligned}
 B &= \int dB_x = \frac{\mu_0 i \cos \theta}{4\pi r^2} \int_0^{2\pi R} ds \\
 &= \frac{\mu_0 i \cos \theta}{4\pi r^2} s \Big|_0^{2\pi R} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} (2\pi R - 0) \cos \theta \\
 &= \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} 2\pi R \frac{R}{r} = \frac{\mu_0 i R^2}{2r^3} \\
 B &= \frac{\mu_0 i R^2}{2(a^2 + R^2)^{3/2}} \tag{II.31}
 \end{aligned}$$

Sehingga medan magnetik di pusat loop yaitu  $a = 0$  jadi besar medan magnetiknya

$$B = \frac{\mu_0 i R^2}{2(a^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 i R^2}{2(0^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 i R^2}{2R^3} = \frac{\mu_0 i}{2R} \tag{II.32}$$

### Medan Magnet Kumparan Helmholtz di tengah Kedua Kumparan

Kumparan Helmholtz adalah terdiri dari atas 2 kumparan kawat masing-masing kumparan memiliki jumlah lilitan yang sama. (lihat gambar II.15)



Gambar II.15 gambar model kumparan Helmholtz

Bila jari-jari kedua kumparan adalah  $b$  maka kuat medan magnetik di P ditengah-tengah antara kumparan sumbu loop adalah:

$$B_1 = \frac{\mu_0 i R^2}{2r^3} = \frac{\mu_0 i b^2}{2r^3} \quad (\text{II.33})$$

Kuat medan magnetik di titik P yang terletak pada sumbu suatu kumparan yang terdiri dari  $N$  loop dinyatakan:

$$B_N = N \frac{\mu_0 i b^2}{2r^3} \quad (\text{II.34})$$

Dengan menggunakan aturan tangan kanan, dapat diketahui bahwa besarnya kuat medan magnetik kedua kumparan arahnya sama (ke kiri) dan besarnya juga sama sehingga kuat medan magnetik total dititik P adalah:

$$B_{total} = 2N \frac{\mu_0 i b^2}{2r^3} \quad (\text{II.35})$$

Nilai  $r$  dapat dicari dengan rumus Pythagoras:

$$r = \sqrt{b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \frac{1}{2}b\sqrt{5} \quad (\text{II.36})$$

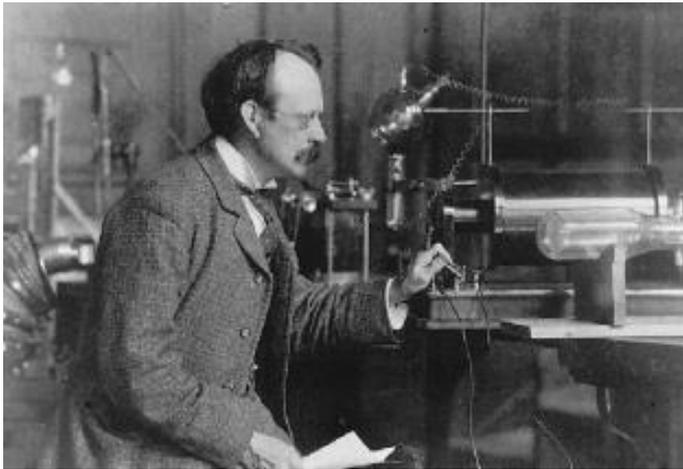
$$\begin{aligned} B_{total} &= 2N \frac{\mu_0 i b^2}{2r^3} \\ &= 2N \frac{\mu_0 i b^2}{2\left(\frac{b}{2}\sqrt{5}\right)^3} \\ &= 2N \frac{\mu_0 i b^2}{2\left(\frac{1}{8}b^3 5\sqrt{5}\right)} \\ B_h &= N \frac{8\mu_0 i}{5b\sqrt{5}} \quad (\text{II.37}) \end{aligned}$$



## BAB 3

# Eksperimen Teori Elektron Joseph John Thomson

Elektron merupakan partikel dasar penyusun atom yang pertama kali ditemukan. Elektron ditemukan oleh Joseph John Thomson pada tahun 1897.



Elektron ditemukan dengan menggunakan tabung kaca yang bertekanan sangat rendah yang tersusun oleh:

- Plat logam sebagai elektroda pada bagian ujung tabung
- Katoda, elektroda dengan kutub negatif dan anoda, elektrode dengan kutub positif.

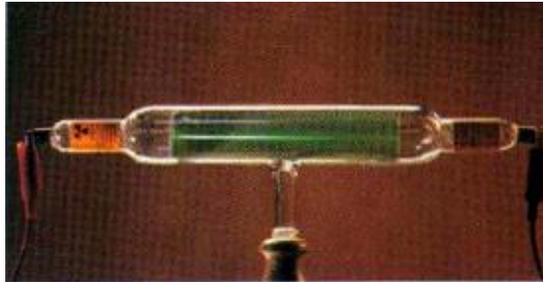
Listrik bertekanan tinggi yang dialirkan melalui plat logam mengakibatkan adanya sinar yang mengalir dari katoda menuju anoda yang disebut sinar katoda. Tabung kaca bertekanan rendah ini selanjutnya disebut tabung sinar katoda. Adanya sinar katoda membuat tabung menjadi gelap. Sinar katoda tidak terlihat oleh mata akan tetapi keberadaannya terdeteksi melalui gelas tabung yang berpendar akibat adanya benturan sinar katoda dengan gelas tabung kaca.

Sifat-sifat Sinar Katoda:

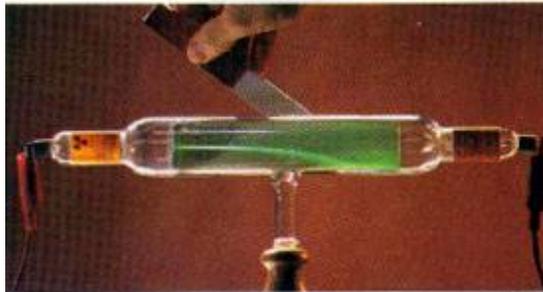
- Sinar katoda dihasilkan akibat adanya aliran listrik bertekanan tinggi yang melewati plat logam.
- Sinar katoda berjalan lurus menuju anoda.
- Sinar katoda menimbulkan efek fluoresens (pendar) sehingga keberadaannya terdeteksi.
- Sinar katoda bermuatan negatif sehingga dapat dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet.
- Sinar katoda yang dihasilkan tidak tergantung dari bahan pembuat plat logam.

Sifat-sifat yang mendukung yang dihasilkan oleh sinar katoda menyebabkan sinar katoda digolongkan sebagai partikel dasar atom dan disebut sebagai elektron.

Joseph John Thomson selanjutnya melakukan riset untuk menentukan perbandingan harga muatan elektron dan massanya ( $e/m$ ). Hasil riset menunjukkan bahwa sinar katoda dapat dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet. Pembelokan memungkinkan pengukuran jari-jari kelengkungan secara tepat sehingga perbandingan nilai muatan elektron dan massanya dapat ditentukan sebesar  $1,76 \times 10^8 \frac{C}{g}$ .

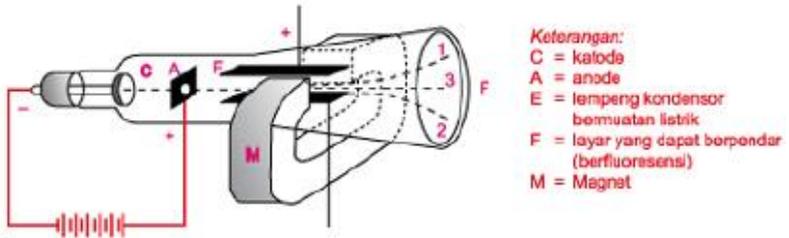


(a)



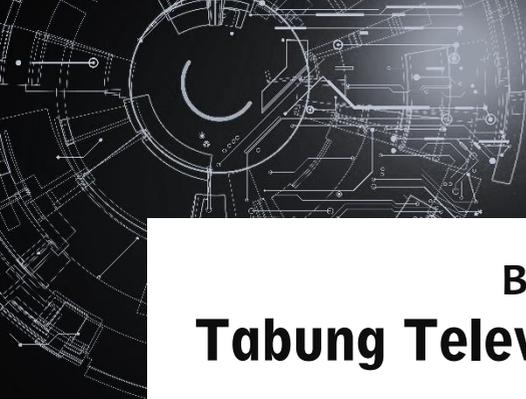
(b)

Gambar II.17 Tabung Sinar Katoda



Gambar II.18 Peralatan Thomson untuk menentukan harga  $e/m$





## BAB 4

# Tabung Televisi Hitam Putih

Dalam tabung televisi ada dua jenis yang digunakan saat ini yaitu tabung televisi berwarna (*colour televisison/CTV*) dan tabung televisi hitam putih. Perbedaan pokok adalah bahwa tabung gambar TV warna itu adalah berwarna sedangkan tabung TV hitam putih adalah “monochrome” hanya terdiri dari semua bayang-bayang antara hitam dan putih.

Dalam percobaan ini, penulis menggunakan tabung TV hitam putih yang dikarenakan tegangan pemercepat (*flyback*) lebih rendah dari pada tegangan pemercepat (*flyback*) pada tabung TV warna sehingga keamanan penulis lebih tejamin.

### Garis

Garis dibuat oleh titik cahaya yang bergerak cepat sekali dari ke kiri ke kanan di layar tabung gambar. Titik cahaya ini menulis sebuah garis. Apabila titik cahaya bergerak sangat cepat ke kiri sampai ke kanan, mata kita mendapat kesan bahwa garis yang ditulis adalah suatu garis yang tidak terputus. Namun ia tetap merupakan suatu titik cahaya. Apabila terang titik cahaya bervariasi dan variasi itu terjadi selama menulis garis maka akan terdapat informasi gambar.

Garis memperlihatkan bagian-bagian yang terang dan yang gelap, sejumlah garis yang letaknya satu dengan yang lainnya bahwa membawahi dan terdapat bagian-bagian yang terang pada tempat-tempat tertentu, akan menghasilkan suatu gambar (asal saja sinkronisasinya benar).

Apabila jarak antara garis-garis menjadi besar maka gambarnya akan menjadi samar atau tidak jelas. Apabila jarak antara garis-

garis mengecil maka gambarnya akan menjadi lebih terang. Akan tetapi apabila garis-garis ditulis berhimpitan maka gambarnya akan tidak terbaca. Jumlah garis-garis di dalam gambar menentukan jernih dan tajamnya gambar.

Ada terdapat beberapa macam system TV, yang masing-masing mempunyai jumlah garis per gambar yang berbeda. Di dalam jumlah garis ini memberikan gambar yang jernih walaupun di antara garis-garisnya masih ada jaraknya (renggang).

### **Gambar**

Setelah ditulis 625 garis maka harus terbentuk sebuah gambar baru. Pada layar tabung gambar dari pesawat penerima TV tidak ada suatu petunjuk yang terlihat bahwa sebuah gambar baru telah dimulai. Tidak ada kedipan gambar yang menandakan terputusnya gambar itu. Namun, sebenarnya gambar terputus-putus.

Apabila jumlah pengulangan gambar cukup banyak, maka kita tidak dapat melihat pengulangan atau terputusnya gambar. Bahkan, akan terlihat gambar yang tidak terputus-putus. Sebetulnya, gambar ini terputus-putus 50 kali tiap detik. Apabila gambar ini terputus 50 kali dalam tiap detik maka mata kita akan melihat sebuah gambar yang tidak terputus-putus. Gambar tidak akan berkedip-kedip. 50 kali perdetik berarti frekuensinya 50 Hz. Dengan 50 Hz yang berarti 50 kali pengulangan dalam satu detik, mata kita akan melihat garis yang utuh tidak terputus-putus. Frekuensi dari gambar 50 Hz berarti dalam satu detik sejumlah 50 gambar dilukiskan. Inilah yang dinamakan frekuensi gambar atau frekuensi rangka.

### **Tabung Gambar**

Gambar disusun dalam tabung gambar, yaitu tabung gambar yang gambarnya dilukiskan pada layar dari tabung gambar bagian depan. Untuk dapat memuat gambar yang baik maka bagian depan tabung gambar (layar) harus berbentuk bujur sangkar dan datar. Garis-garisnya dituliskan pada layar tabung gambar. Dengan cara bagaimana titik cahaya yang menulis garis-garis itu dibangkitkan? Tabung gambar adalah sebuah tabung elektron.

Kawat pijar memanaskan katode sehingga mengeluarkan elektron-elektron. Apabila sebuah anode ditempatkan di dekat layar dan anode diberi tegangan positif tinggi maka elektron akan lari ke layar tabung gambar. Karena kecepatannya sangat tinggi maka elektron melewati anode dan mengenai layar.

Sebelah dalam layar dibubuhi dengan bahan (phosphor) yang dapat bercahaya apabila terkena elektron. Tanpa tindakan khusus, akan timbul titik cahaya yang lebar (yang seharusnya kecil dan tajam).

Apabila elektron-elektron (sinar elektron) dilewatkan melalui suatu lubang kecil, permukaan cahaya akan menjadi kecil. Namun, permukaan cahaya itu masih terlalu besar. Elektroda yang diberi lubang kecil itu di namakan *Wehnelt cylinder*.

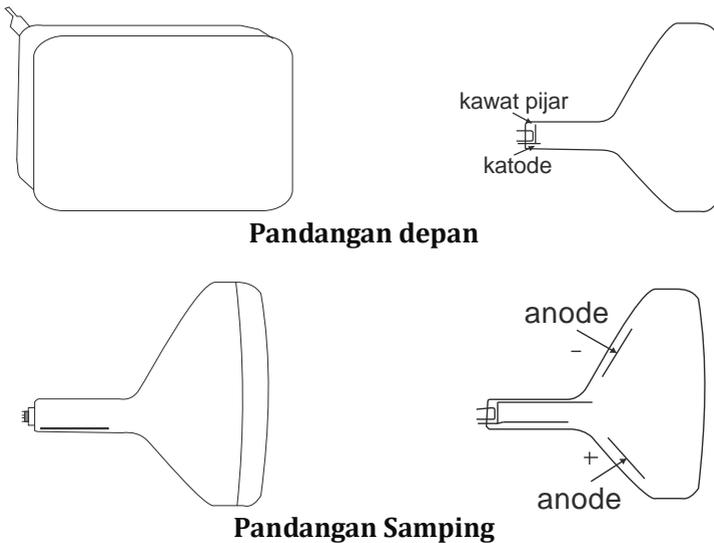
Elektron-elektron dipengaruhi suatu medan listrik. Suatu medan listrik terdapat di antara dua titik dengan tegangan yang berbeda. Dalam hal ini dua silinder dengan garis tengah yang berlainan ukurannya. Apabila elektron-elektron melalui medan ini, mereka akan dibelokkan. Makin kuat medannya makin besar pula pembelokannya. Medan listrik ini dinamakan lensa listrik. Dengan mempergunakan lensa listrik ini, sinar elektron dapat difokuskan menjadi suatu titik cahaya yang kecil sekali. Dengan mengubah tegangan pada anode focus (++) titik cahaya dapat di fokuskan (dibuat besar dan kecil). Inilah dinamakan *focusing* (memfokus).

Sekarang titik cahaya ada di tengah-tengah layar. Akan tetapi, titik cahaya harus bergerak baik mendatar maupun vertikal. Elektron-elektron itu dibelokkan oleh kekuatan medan magnet. Apabila sebuah kumparan dilalui arus maka akan timbul medan magnet. Apabila kumparan-kumparan diletakkan dekat sinar elektron maka sinar elektron akan dibelokkan. Makin besar arusnya makin kuat medannya, makin besar pembelokannya, dan sinar elektron diletakkan ke bawah oleh kekuatan medan yang membesar.

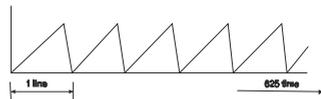
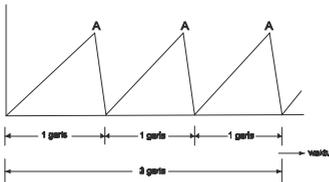
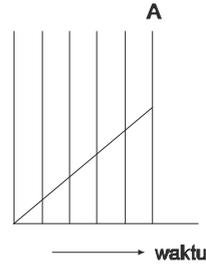
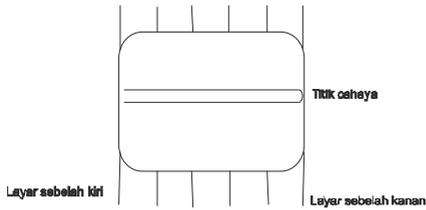
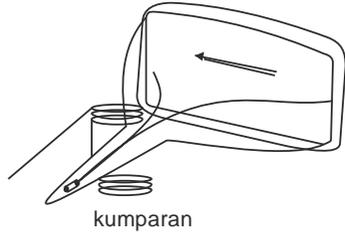
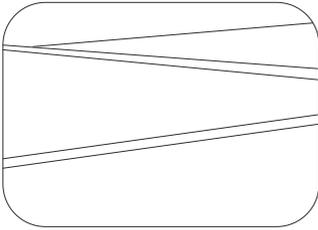
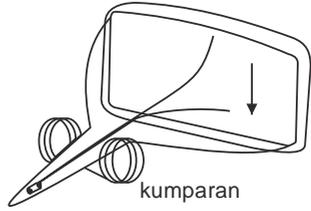
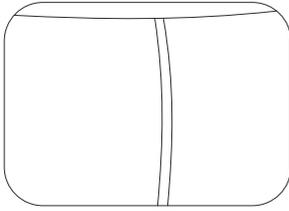
Pembelokan sinar elektron dilakukan oleh kumparan-kumparan pembelokan (*deflection coil*). Untuk pembelokan-pembelokan vertikal (frame), kumparan-kumparannya diletakkan pada tiap sisi dari leher tabung gambar. Untuk pembelokan horizontal (garis) maka kumparan-kumparannya diletakkan di atas dan di bawah

leher tabung gambar. Dengan demikian, terdapat kemungkinan untuk menggerakkan sinar elektron dan titik cahayanya dari kiri dan ke kanan. Pembelokan horizontal dan vertikal dilakukan dengan mengubah-ubah kekuatan medan dari kumparan-kumparan. Untuk dapat mengubah-ubah kekuatan medan, arus yang melalui kumparan harus diubah-ubah.

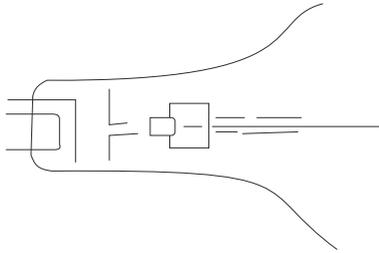
Garis harus bergerak dari kiri ke kanan dengan kecepatan konstan. Berarti bahwa kekuatan medan harus bertambah dengan rata (linier). Artinya, arus yang melalui kumparan juga harus bertambah dengan rata. Apabila titik cahaya telah mencapai bagian akhir (sisi kanan) layar maka titik itu harus melalui lagi dari sisi kiri. Kembali dari kanan ke kiri ini dinamakan *flyback*. Terjadinya sangat cepat dan disebabkan oleh penurunan arus yang tiba-tiba melalui kumparan pembelokan (*deflection coil*).



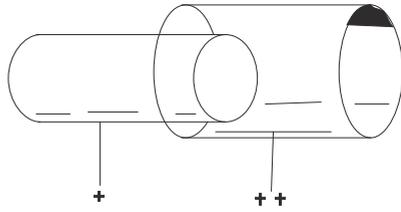
Gambar II.19 Tabung gambar



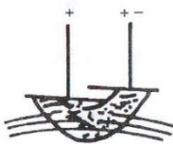
Gambar II.20 Pembelokan horizontal dan vertikal



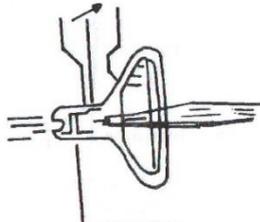
Katoda tabung gambar



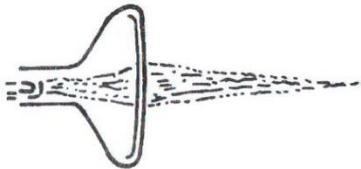
dua silinder dengan garis tengah yang berbeda



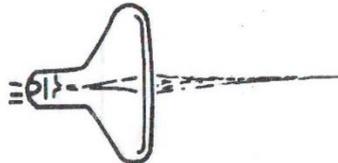
Lensa listrik



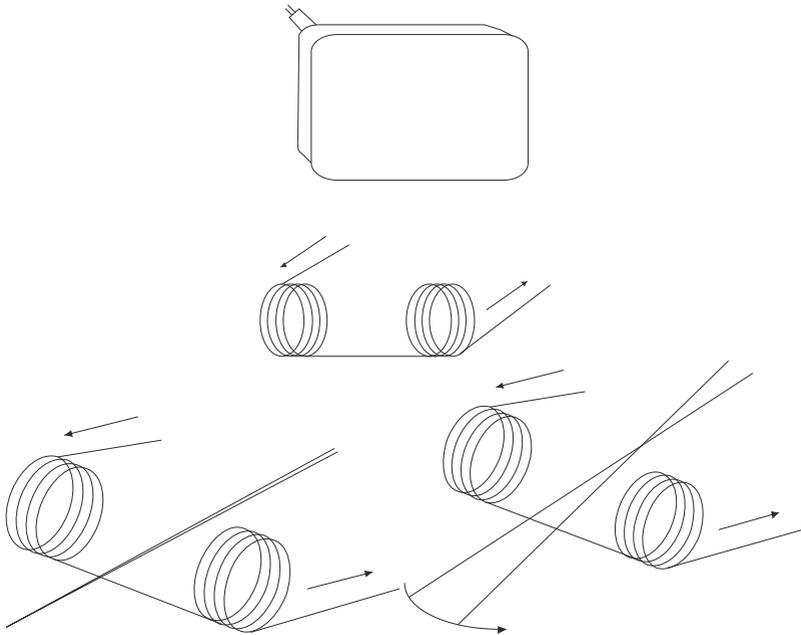
Fokusing



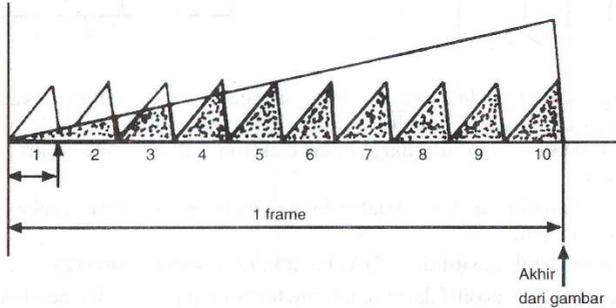
Titik cahaya yang lebar



Memfokus titik dengan wehnel cylinder (elektrode yang diberi lubang kecil)



Waktu yang diberikan untuk menulis satu garis dinamakan line time. Arus yang melalui kumparan-kumparan pembelokan berbentuk gigi gergaji. Oleh sebab itu, dinamakan arus gigi gergaji (*saw tooth current*). Tiga buah garis pada layar adalah hasil dari urutan tiga buah arus gigi gergaji. Untuk pembelokan-pembelokan vertical (frame) digunakan teknik yang sama. Pergerakan vertikal ini terjadi dengan kecepatan konstan, yang berarti bahwa garis-garis dibagi secara rata pada permukaan layar.



Gambar II.21 arus gigi gergaji (*saw tooth current*)

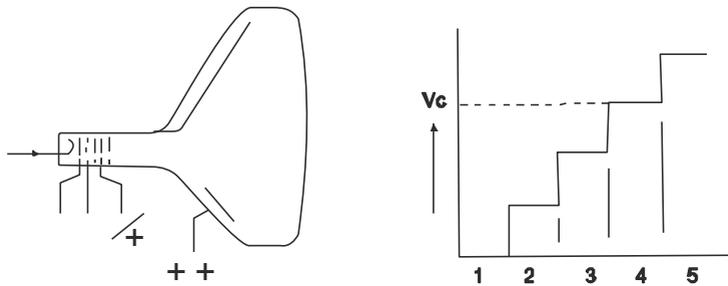
Waktu yang diperlukan adalah 625 kali lebih lama dari pada periode garis. Frame terdiri atas 10 garis (lines). Setelah 10 garis dimulailah gambar baru, jadi terdapat 10 gigi gergaji garis dan satu gigi gergaji rangka.

Pulsa-pulsa sinkronisasi menentukan apabila suatu arus gergaji harus berhenti dan apabila perlu dimulai lagi. Sinyal-sinyal pemancar mengendalikan akhir arus gigi gergaji untuk pembelokan garis maupun pembelokan rangka (frame). Apabila sinkronisasi tidak benar, akhir gigi gergaji rangka juga tidak benar. Sinkronisasi gambar frame tidak benar juga dapat terjadi. Kesalahan ini banyak terjadi pada tingkat pesawat penerima TV yang mensinkron dan membangkitkan arus di bagian sinkronisasi garis.

Apabila gambar tidak sinkron horizontal (garis) maupun vertical (frame) maka kesalahan didalam rangkaian pemisah sinkronisasi kedua sinyal sinkronisasi tidak benar. Vertical (rangka) tidak sinkron, kesalahan harus di bagian sinkronisasi rangka. Horizontal (garis) tidak sinkron, kesalahan harus di bagian sinkronisasi garis.

### Susunan Gambar

Apabila katode tabung gambar dibuat lebih positif dari pada electrode berikutnya maka dapat dikatakan bahwa hal ini menjadi lebih negatif terhadap katode.



Gambar II.19 susunan gambar

1. Tegangan katode sama besarnya dengan *wehnelt cylinder* (katoda tabung gambar dibuat lebih positif dari pada electrode berikutnya). Kekuatan maksimum dari berkas elektron, cahaya maksimum pada layar.
2. Katode lebih positif, kekuatan berkas elektron berkurang, cahaya di layar berkurang
3. Kurang lebih positif dari (2), cahaya kurang seperti pada (2).
4. Katode lebih positif dari (3). Tabung tertutup (*cut off*) tidak ada berkas elektron atau elektron-elektron diblokir, tidak ada cahaya.
5. Katoda lebih positif dari (4), tabung tetap tertutup (*cut off*) tidak ada cahaya.

Di dalam sinyal gambar diperlukan pulsa-pulsa sinkronisasi untuk garis dan rangka (frame). Sinyal-sinyal itu. Tidak boleh terlihat didalam gambar. Apabila pulsa-pulsa itu membuat katode positif melampaui titik *cut off* maka sinyal-sinyal itu tidak akan terlihat. Sinyal-sinyal gambar akan berada di antara hitam dan putih. Selama seluruh gambar tiap-tiap garis harus berakhir di tempat yang sama, suatu *front porch* (serambi depan) hitam kecil menjamin hal ini. Pulsa-pulsa sinkronisasi garis ada di antara suatu serambi hitam kecil menjamin hal ini. Serambi ini dinamakan serambi belakang.

Kecepatan garis jauh lebih besar dari pada kecepatan rangka. Dengan sendirinya, frekuensi garis jauh lebih tinggi dari pada frekuensi rangka, yaitu sebesar 15625 Hz. Pulsa sinkronisasi garis haruslah pendek karena kecepatan garis atau frekuensi dari garis tinggi dan waktu untuk menulis garis sangat singkat. Pulsa pendek ini

mengemudi arus garis gigi gergaji sehingga merupakan akhir dari suatu garis. Serambi depan, pulsa sinkronisasi, dan serambi belakang sama-sama dinamakan sinyal sinkronisasi.



## BAB 5

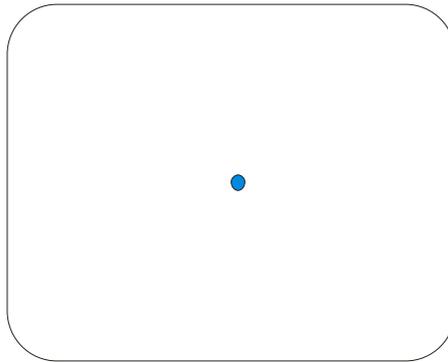
# Gerakan Elektron Pada Tabung TV

Pada dasarnya pengukuran  $e/m$  elektron adalah perbandingan muatan elektron dengan masa elektron. Penemuan elektron dimulai dari percobaan yang dilakukan oleh J.J. Thomson (1897) dengan tabung sinar katoda. Percobaan ini berhasil mengukur perbandingan antara muatan listrik dengan masa sinar katoda itu. Sinar katoda ini merupakan bagian dari atom yang disebut *elektron*. Dan hasil percobaannya didapatkan:  $\frac{e}{m} = 1,76 \times 10^{11} \text{ C.Kg}^{-1}$

Dalam percobaan ini penulis menggunakan tabung sinar katoda yang berasal dari tabung televisi (TV), yang mana telah disediakan tegangan pemanas filamen dan tegangan pemercepat  $V_a$  . di bagian televisi *Defleksi youke* (DY) dan Verit telah dilepaskan.

Saat tegangan diberikan pada filamen pada ekor tabung televisi, katoda akan melepaskan elektron-elektron, sedangkan elektron-elektron tersebut akan bergerak menuju anoda, elektron-elektron yang bergerak menuju ke anoda hanya elektron-elektron yang memiliki tenaga yang besar saja (gambar II.1). Oleh karena itu diperkuat dengan tegangan pemercepat  $V_a$  sehingga elektron-elektron tersebut menyentuh pada lapisan posfor di tabung televisi. Tampak dari tabung televisi hanyalah sebuah seberkas titik cahaya dapat dilihat pada gambar II.22, hal ini dikarenakan elektron-elektron yang menumbuk atom-atom dalam tabung TV akan

menyebabkan atom tersebut tereksitasi disusul deeksitasi dengan memancarkan cahaya tampak.



Gambar II.22 seberkas titik cahaya tampak pada tabung televisi

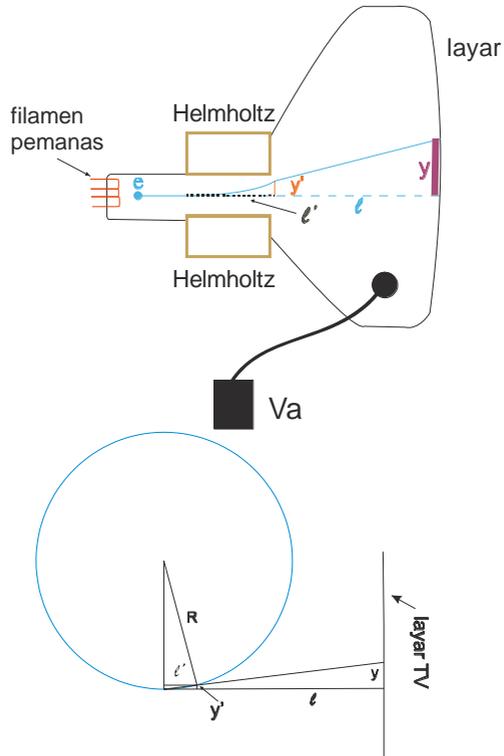
Besar pindahannya seberkas cahaya tadi tergantung pada arus ( $i$ ) yang mengalir pada medan magnet helmholtz, perpindahan titik-titik ini untuk menentukan jari-jari pada perhitungan  $e/m$  yang disebabkan adanya gaya Lorentz ini (gambar II.24) menyebabkan elektron bergerak melingkar, dan gaya sentripetal yang bekerja padanya mengikuti persamaan II.5 ( $\frac{m v^2}{r} = B e v$  ).Tetapi dalam

gerakan elektron yang melingkar pada eksperimen ini tidaklah penuh yang disebabkan medan magnet hanya ada dalam helmholtz tidak sampai di luar, tampak pada gambar II.23.

Sebelum mencari jari-jari ( $r$ ) pada gerakan elektron, terlebih dahulu kita mencari nilai  $Y'$  (dengan anggapan sudutnya: sangat kecil sehingga berbentuk segitga)

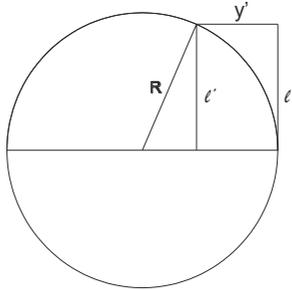
$$\frac{Y}{l} = \frac{Y'}{l'}$$

$$Y' = \frac{Y l'}{l} \tag{II.38}$$



$l$  = dari pusat elektron sampai layar TV  
 $l'$  = dari pusat elektron sampai medan magnet helmholtz hilang

Gambar II.23 gerakan elektron



$l'$  = jarak dari pusat elektron sampai medan magnet helmholtz hilang

Gambar II.24 gaya lorentz menyebabkan elektron bergerak melingkar

Dalam gerakan elektron yang melingkar yang disebabkan adanya gaya Lorentz ini kita dapat menghitung jari-jari ( $r$ )

$$r^2 = l'^2 + (r - y')^2$$

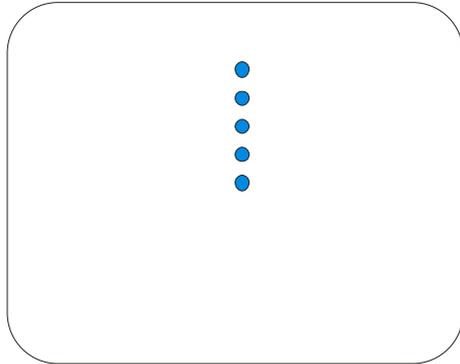
$$r^2 = l'^2 + r^2 - 2ry' + y'^2$$

$$r^2 - r^2 = l'^2 - 2ry' + y'^2$$

$$- 2ry' = l'^2 - y'^2$$

$$r = \frac{l'^2 + y'^2}{2y'} \quad (\text{II.39})$$

Gerakan elektron-elektron yang bergerak lurus tadi akan dibelokkan dengan medan magnet helmholtz. Seberkas titik cahaya yang tampak pada layar tadi akan berpindah tempat, lihat pada gambar II.25



Gambar II.25 perpindahan titik yang diakibatkan adanya medan magnet Helmholtz.

Dengan hasil-hasil yang didapatkan sehingga hipotesis awal yang dapat diterka adalah dalam pengukuran nantinya dapat diramalkan bahwa pengukuran  $e/m$  elektron akan mendapatkan hasil yang cukup baik.





## BAB 6

# Tahap Eksperimen

Kajian dalam buku ini dilakukan di laboratorium Fisika F MIPA UKRIM (Universitas Kristen Immanuel) dalam waktu tiga bulan (Februari - April) tahun 2009.

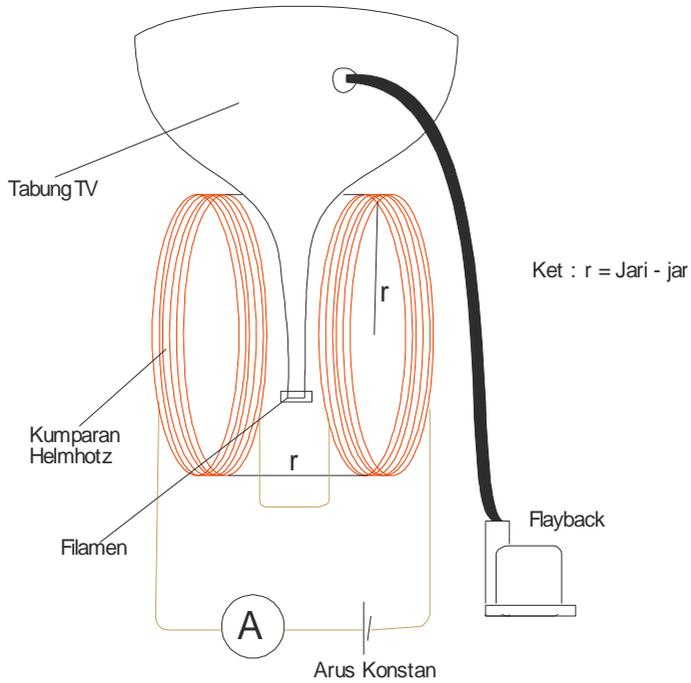
Subjek kajian dalam buku ini adalah tabung Televisi (TV) hitam-putih (B/W), tegangan untuk pemanas filamen, tegangan pemercepat  $V_a$  dan Kumparan Helmholtz yang diberikan arus untuk penghasil medan magnetik pada kumparan Helmholtz. Dengan subjek kajian ini, maka yang kemudian dicari nilai  $e/m$  elektron nya.

Alat dan bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah sebagai:

1. Tabung televisi (TV) hitam putih 8"
2. Tegangan pemercepat  $V_a$
3. Tegangan pemanas filamen
4. Kumparan Helmholtz
5. Sumber arus untuk kumparan Helmholtz
6. Voltmeter
7. Amperemeter

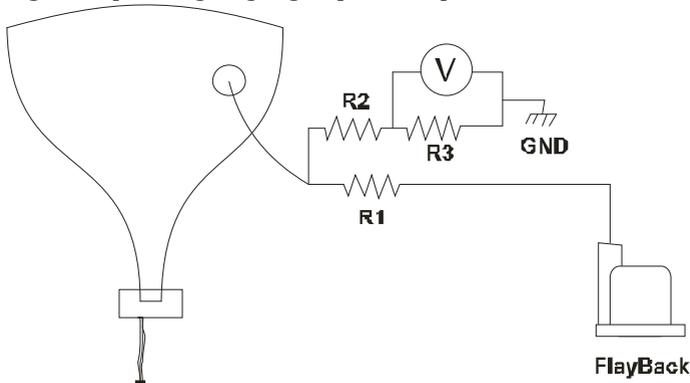
Pada kajian ini penulis merangkai atau mendesain alat-alat yang dijadikan sebagai bahan kajian seperti yang terlihat berikut ini:

1. Tampak dari atas



Gambar III.1 Rangkaian tabung dengan kumparan Helmholtz.

## 2. Rangkaian pembagi tegangan pemercepat



Gambar III.2 Rangkaian untuk mengukur dan memvariasikan tegangan (R1 membagi atau memvariasikan tegangan dan R2 dan R3 rangkaian untuk mengukur tegangan)

Untuk menghitung tegangan pemercepat pada flyback:

$$V = \frac{(R_3 // R_v)}{R_2 + (R_3 // R_v)} \times V_{CRT}$$

$$V_{CRT} = \frac{R_2 + (R_3 // R_v)}{(R_3 // R_v)} \times V \quad (III.1)$$

Prinsip kerja pada percobaan ini adalah:

1. Dengan menggantikan Defleksi Youke (DY) pada tabung televisi (TV) dengan kumparan Helmholtz sebagai pengganti medan magnet.
2. Memberikan tegangan pemercepat yang sudah divariasikan
3. Di saat arus belum diinduksikan pada kumparan, tampak pada layar tabung TV hanya satu titik di tengah (gambar II.22). Setelah arus diberikan titik tersebut akan berpindah tempat sedikit demi sedikit sehingga berbentuk titik-titik lurus (gambar II.25).

Eksperimen yang dilakukan oleh penulis adalah:

1. Perhitungan  $e/m$

Perhitungan  $e/m$  yang digunakan dengan persamaan (II.5)

$$\frac{e}{m} = \frac{2 V_a}{B^2 r^2}$$

2. Perhitungan jari-jari ( $r$ ) dari gerakan elektron melingkar yang disebabkan gaya Lorentz dari persamaan (III.39)

$$r = \frac{l'^2 + y'^2}{2y'}$$

Dalam perhitungan  $e/m$  penulis menggunakan persamaan linier  $y = ax + b$  dari persamaan (II.5) di atas, menjadi:

➤ Voltase ( $V_a$ ) yang konstan dan dengan arus ( $i$ ) yang divariasasi

$$\frac{e}{m} = \frac{2 V_a}{B^2 r^2}$$

$$r^2 = \frac{2 V_a}{\frac{e}{m} B^2} \frac{1}{k^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{2 V_a}{\frac{e}{m} k^2}} \frac{1}{ki}$$

$$\frac{1}{r} = \sqrt{\frac{\frac{e}{m} k^2}{2 V_a}} i$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ y = & a & x \end{array}$$

(III.2)

➤ Arus (i) yang konstan dan dengan voltase  $V_a$  divariasasi

$$\frac{e}{m} = \frac{2 V_a}{B^2 r^2}$$

$$r^2 = \frac{2}{\frac{e}{m} B^2} V_a$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ y = & a & x \end{array} \quad \text{(III.3)}$$

3. perhitungan  $e/m$  dengan persamaan (III.2) dan (III.3) di lakukan berkali-kali dengan medan magnet yang berbeda-beda, yang divariasikan adalah N dari  $B_h = N \frac{8\mu_0 i}{5b\sqrt{5}}$

Analisa data pada eksperimen ini digunakan perhitungan secara grafik dan prinsip regresi linier dengan ralat-ralat yang digunakan dengan teori perambatan ralat





## BAB 7

# Data Percobaan dan Perhitungan

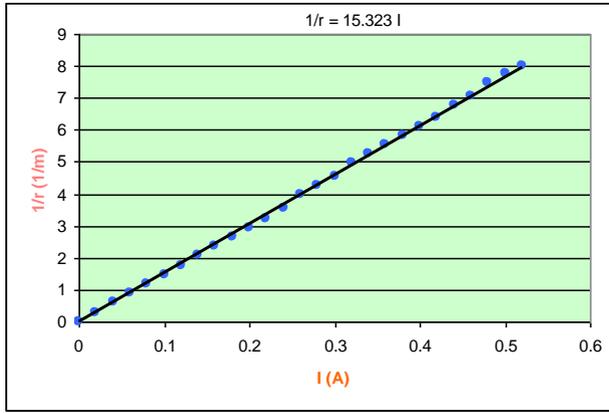
Pada pengukuran ini diperoleh data dari berbagai jumlah lilitan ( $N$ ) dari kumparan helmholtz, dengan voltase konstan dengan arus divariasikan dan arus konstan dengan voltase yang divariasikan.

Dalam eksperimen ini tegangan filamen yang diberikan adalah konstan sebesar 6V. dengan berbagai jenis eksperimen yaitu;

1. Data percobaan 1 dengan  $N=100$  l dan  $l = 0,15$  m

Tabel IV.1 data percobaan 1 dengan  $N=100$  lilitan

I(A)	Y(cm)	$Y'=Y*L'/L$	$r=l'^2+y'^2/2*y'$	$r=r/100$ (m)	$1/r$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
0.02	0.1	0.03	337.515	3.37515	0.296283128
0.04	0.2	0.06	168.78	1.6878	0.592487262
0.06	0.3	0.09	112.545	1.12545	0.888533475
0.08	0.4	0.12	84.435	0.84435	1.184342986
0.1	0.5	0.15	67.575	0.67575	1.479837218
0.12	0.6	0.18	56.34	0.5634	1.774937877
0.14	0.7	0.21	48.31928571	0.483192857	2.069567017
0.16	0.8	0.24	42.3075	0.423075	2.363647107
0.18	0.9	0.27	37.635	0.37635	2.657101103
0.2	1	0.3	33.9	0.339	2.949852507
0.22	1.1	0.33	30.84681818	0.308468182	3.241825442
0.24	1.2	0.36	28.305	0.28305	3.532944709
0.26	1.35	0.405	25.2025	0.252025	3.967860331
0.28	1.45	0.435	23.49336207	0.234933621	4.256521468
0.3	1.55	0.465	22.00669355	0.220066935	4.544072002
0.32	1.7	0.51	20.10794118	0.201079412	4.973159565
0.34	1.8	0.54	19.02	0.1902	5.257623554
0.36	1.9	0.57	18.04815789	0.180481579	5.540731668
0.38	2	0.6	17.175	0.17175	5.822416303
0.4	2.1	0.63	16.38642857	0.163864286	6.102611046
0.42	2.2	0.66	15.67090909	0.156709091	6.381250725
0.44	2.35	0.705	14.71420213	0.147142021	6.796155111
0.46	2.45	0.735	14.1430102	0.141430102	7.070630549
0.48	2.6	0.78	13.37076923	0.133707692	7.479001266
0.5	2.7	0.81	12.905	0.12905	7.748934522
0.52	2.8	0.84	12.47357143	0.124735714	8.016950123



Gambar IV.1 grafik terhadap seperi jari-jari  $1/r$  (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz  $I$  (ampere) dengan jumlah 100 lilitan

### Perhitungan $e/m$

Perhitungan  $e/m$  dari persamaan III.2 dengan menggunakan grafik

$$\frac{1}{r} = \sqrt{\frac{e/m k^2}{2 V_a}} i$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ y = & a & x \end{array}$$

dengan gradien yang didapatkan dari grafik adalah  $a = 4,5932$ . Sehingga  $e/m$  biasa didapatkan:

$$a = \sqrt{\frac{e/m k^2}{2 V_a}}$$

$$a^2 = \frac{e/m k^2}{2 V_a}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 2 V_a}{k^2} \quad (\text{IV.1})$$

Dimana  $b$  jari-jari dari lingkaran helmholtz  $b = 0,045 \text{ m}$ , dan  $V_a = 1153,26 \text{ volt}$  didapatkan dari persamaan III.1 dimana  $R_2 = 10\text{M}\Omega \pm 5\%$ ,  $R_3 = 0,1\text{M}\Omega \pm 5\%$ ,  $R_v = 1\text{M}\Omega \pm 5\%$  dan  $V$  pada voltmeter =  $10,4 \text{ V}$  sehingga:

$$V_{CRT} = \frac{R_2 + (R_3 // R_v)}{(R_3 // R_v)} X V$$

dimana  $R_3$  paralel dengan  $R_v = 0,091$  (IV.2)

$$V_{CRT} = \frac{10 + 0,091}{0,091} X 10.4$$

$$V_{CRT} = 1153,26 \text{ V}$$

Dan konstanta  $k$  pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 1001$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$k = N \frac{8\mu_0}{5b\sqrt{5}}$$

$$k = 100 \frac{8.4\pi \cdot 10^{-7}}{5.0,045 \cdot \sqrt{5}}$$

$$k = 19981,69523 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

Jadi :

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 2 V_a}{k^2}$$

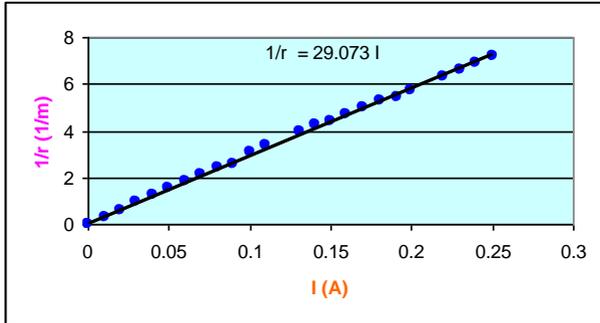
$$\frac{e}{m} = \frac{15,323^2 2.1153,26 V}{(19981,69523 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/ A.m})^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1,356 \cdot 10^{11} \text{ C/ Kg}$$

2. Data percobaan 2 dengan N=150 l dan l = 0,145 m

Tabel IV.2 data percobaan 1 dengan N=150 lilitan

l (A)	y (cm)	Y'=Y*L'/L	r = l'^2+ y'^2 / 2 * y'	r= r/100 (m)	1/r (1/m)
0	0	0	0	0	0
0.0104	0.1	0.031034483	326.2655172	3.262655172	0.306498832
0.02	0.2	0.062068966	163.1560345	1.631560345	0.612910214
0.03	0.3	0.093103448	108.7965517	1.087965517	0.919146778
0.04	0.4	0.124137931	81.62456897	0.81624569	1.225121324
0.05	0.5	0.155172414	65.32758621	0.653275862	1.530746899
0.0602	0.6	0.186206897	54.46810345	0.544681034	1.835936882
0.07	0.7	0.217241379	46.71576355	0.467157635	2.140605064
0.0807	0.8	0.248275862	40.90538793	0.409053879	2.444665729
0.09	0.85	0.263793103	38.51424949	0.385142495	2.596441611
0.1	1	0.310344828	32.78017241	0.327801724	3.050624589
0.11	1.1	0.34137931	29.82978056	0.298297806	3.35235453
0.1306	0.2	0.062068966	25.29787798	0.25297878	3.952900716
0.14	1.3	0.403448276	23.52081281	0.235208128	4.251553754
0.15	1.4	0.434482759	22.725	0.22725	4.400440044
0.16	1.45	0.45	21.28890434	0.212889043	4.697282604
0.17	1.55	0.481034483	20.02876176	0.200287618	4.992819887
0.1806	1.65	0.512068966	18.91440887	0.189144089	5.286974639
0.1908	1.75	0.543103448	18.40431034	0.184043103	5.433509766
0.2	1.8	0.55862069	17.46588022	0.174658802	5.725448632
0.22	1.9	0.589655172	15.86157635	0.158615764	6.304543619
0.23	2.1	0.651724138	15.17092476	0.151709248	6.591555989
0.24	2.2	0.682758621	14.54167916	0.145416792	6.876784923
0.25	2.3	0.713793103	13.96616379	0.139661638	7.160162338



Gambar IV.2 grafik terhadap seper jari-jari  $1/r$  (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz  $I$  (ampere) dengan jumlah 150 lilitan

### Perhitungan $E/M$

Perhitungan  $e/m$  dari persamaan III.2 dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah  $a = 9,0329$ . Sehingga  $e/m$  dari persamaan (IV.1)

Dimana  $b$  jari-jari dari lingkaran helmholtz  $b = 0,045 \text{ m}$ , dan  $V_a = 887,121 \text{ volt}$  dan  $\Delta V_a = 160,791 \text{ volt}$  didapatkan dari persamaan (IV.2) dimana  $R_2 = 10 \text{ M}\Omega \pm 5\%$ ,  $R_3 = 0,1 \text{ M}\Omega \pm 5\%$ ,  $R_v = 1 \text{ M}\Omega \pm 5\%$  dan  $V$  pada voltmeter = 8 V. Sehingga konstanta  $k$  pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 1501$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$k = 29972,54285 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

Jadi :

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 2 V_a}{k^2}$$

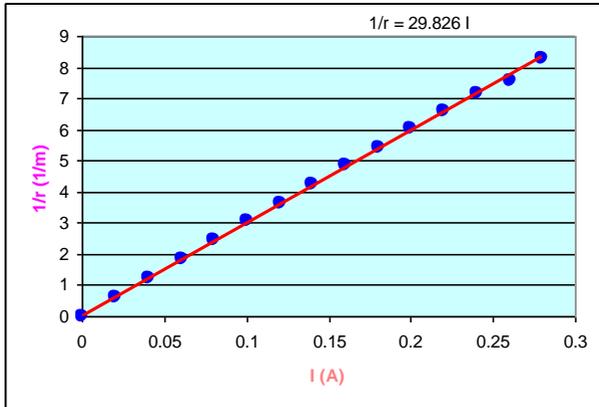
$$\frac{e}{m} = \frac{29,073^2 \cdot 2.887,121}{(29972,54285 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m.})^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1,669 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$$

3. Data percobaan 3 dengan N=200 l dan l = 0,145 m

Tabel IV.3 data percobaan 3 dengan N= 200 lilitan

I (A)	Y (cm)	Y'=Y*L/L	r=l'^2+y'^2/2*y	r=r/100 (m)	1/r (1/m)
0	0	0	0	0	0
0.0201	0.2	0.062068966	163.1560345	1.631560345	0.612910214
0.0403	0.4	0.124137931	81.62456897	0.81624569	1.225121324
0.0604	0.6	0.186206897	54.46810345	0.544681034	1.835936882
0.0803	0.8	0.248275862	40.90538793	0.409053879	2.444665729
0.1004	1	0.310344828	32.78017241	0.327801724	3.050624589
0.1203	1.2	0.372413793	27.3737069	0.273737069	3.653140599
0.1402	1.4	0.434482759	23.52081281	0.235208128	4.251553754
0.1604	1.6	0.496551724	20.63890086	0.206389009	4.845219262
0.1805	1.8	0.55862069	18.40431034	0.184043103	5.433509766
0.2	2	0.620689655	16.62284483	0.166228448	6.015817451
0.22	2.2	0.682758621	15.17092476	0.151709248	6.591555989
0.24	2.4	0.744827586	13.96616379	0.139661638	7.160162338
0.26	2.55	0.79137931	13.1898073	0.131898073	7.5816119
0.28	2.8	0.868965517	12.08626847	0.120862685	8.273852283



Gambar IV.3 grafik terhadap seper jari-jari  $1/r$  (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz  $I$  (ampere) dengan jumlah 200 lilitan

### Perhitungan $e/m$

Perhitungan  $e/m$  dari persamaan III.2 dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah  $a = 9,0329$ . Sehingga  $e/m$  dari persamaan (IV.1)

Dimana  $b$  jari-jari dari lingkaran helmholtz  $b = 0,045 \text{ m}$ , dan  $V_a = 1330,681 \text{ volt}$  dan  $\Delta V_a = 231,76 \text{ volt}$  didapatkan dari persamaan (IV.2) dimana  $R_2 = 10 \text{ M}\Omega \pm 5\%$ ,  $R_3 = 0,1 \text{ M}\Omega \pm 5\%$ ,  $R_v = 1 \text{ M}\Omega \pm 5\%$  dan  $V$  pada voltmeter = 12 V. Sehingga konstanta  $k$  pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 2001$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$k = 39963,399047 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

Jadi :

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 2 V_a}{k^2}$$

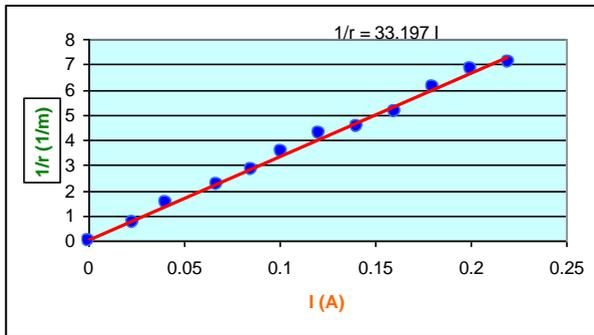
$$\frac{e}{m} = \frac{29,826^2 \cdot 2.1330,681}{(39963,39047 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m.})^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1,482 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$$

4. Data percobaan 4 dengan N=250 l dan l = 0,15 m

Tabel IV.4 Tabel data percobaan 4 dengan N= 250 lilitan

I (A)	Y (cm)	Y'=Y*L'/L	r = l'^2 + y'^2 / 2 * y'	r = r/100 (m)	1/r (1/m)
0	0	0	0	0	0
0.023	0.25	0.075	135.0375	1.350375	0.740535
0.0405	0.5	0.15	67.575	0.67575	1.479837
0.067	0.75	0.225	45.1125	0.451125	2.216681
0.085	0.95	0.285	35.66881579	0.356688158	2.803569
0.1006	1.2	0.36	28.305	0.28305	3.532945
0.1209	1.45	0.435	23.49336207	0.234933621	4.256521
0.1407	1.55	0.465	22.00669355	0.220066935	4.544072
0.1606	1.75	0.525	19.54821429	0.195482143	5.115557
0.1804	2.1	0.63	16.38642857	0.163864286	6.102611
0.2	2.35	0.705	14.71420213	0.147142021	6.796155
0.22	2.45	0.735	14.1430102	0.141430102	7.070631



### Perhitungan $e/m$

Perhitungan  $e/m$  dari persamaan III.2 dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah  $a = 9,0329$ . Sehingga  $e/m$  dari persamaan (IV.1)

Dimana  $b$  jari-jari dari lingkaran helmholtz  $b = 0,045 \text{ m}$ , dan  $V_a = 1885,681 \text{ volt}$  dan  $\Delta V_a = 320,566 \text{ volt}$  didapatkan dari persamaan (IV.2) dimana  $R_2 = 10M\Omega \pm 5\%$ ,  $R_3 = 0,1M\Omega \pm 5\%$ ,  $R_V = 1M\Omega \pm 5\%$  dan  $V$  pada voltmeter = 17 V. Sehingga konstanta  $k$  pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 2501$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$k = 49954,23809 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

Jadi :

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 2 V_a}{k^2}$$

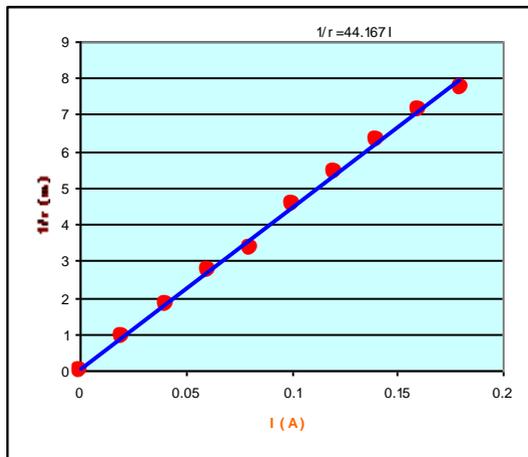
$$\frac{e}{m} = \frac{33.193^2 \cdot 2 \cdot 1885.681}{(49954,23809 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m.})^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1,665 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$$

5. Data percobaan 5 dengan  $N=300$  l dan  $l = 0,145$  m

Tabel IV.5 Tabel data percobaan 5 dengan  $N= 300$  lilitan

I (A)	Y (m)	$Y'=Y*L'/L$	$r = I'^2 + y'^2 / 2 * y'$	$r = r/100$ (m)	$1/r$ (1/m)
0	0	0	0		0
0.0201	0.3	0.093103448	108.7965517	1.087965517	0.919147
0.0407	0.6	0.186206897	54.46810345	0.544681034	1.835937
0.0603	0.9	0.279310345	36.38965517	0.363896552	2.748034
0.0801	1.1	0.34137931	29.82978056	0.298297806	3.352355
0.1002	1.5	0.465517241	21.98275862	0.219827586	4.54902
0.1208	1.8	0.55862069	18.40431034	0.184043103	5.43351
0.1402	2.1	0.651724138	15.86157635	0.158615764	6.304544
0.1603	2.4	0.744827586	13.96616379	0.139661638	7.160162
0.1805	2.6	0.806896552	12.9515252	0.129515252	7.721098



Gambar IV.5 grafik terhadap seper jari-jari  $1/r$  (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz  $I$  (ampere) dengan jumlah 300 lilitan

### Perhitungan $e/m$

Perhitungan  $e/m$  dari persamaan III.2 dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah  $a = 9,0329$ . Sehingga  $e/m$  dari persamaan (IV.1)

Dimana  $b$  jari-jari dari lingkaran helmholtz  $b = 0,045 \text{ m}$ , dan  $V_a = 1885,681 \text{ volt}$  dan  $\Delta V_a = 320,566 \text{ volt}$  didapatkan dari persamaan (IV.2) dimana  $R_2 = 10M\Omega \pm 5\%$ ,  $R_3 = 0,1M\Omega \pm 5\%$ ,  $R_v = 1M\Omega \pm 5\%$  dan  $V$  pada voltmeter = 17 V. Sehingga konstanta  $k$  pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 3001$$

$$b = 0,045 \text{ m}$$

$$k = 59954,0857 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/ A.m}$$

Jadi :

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 2 V_a}{k^2}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{44,167^2 \cdot 2 \cdot 1885,681}{(59954,0857 \cdot 10^{-7} \text{ Wb/ A.m.})^2}$$

$$\frac{e}{m} = 2,047 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$$

Pada pengukuran ini telah didapatkan suatu nilai tetapan perbandingan antara elektron dengan masa elektron  $e/m$  yang setiap alat (N pada helmholtz) berbeda menunjukkan nilai yang berbeda pula. Yang menunjukkan keefektifan suatu alat untuk dipakai sebagai acuan untuk mengukur suatu tetapan tertentu, tetapan  $e/m$  yang diambil dari percobaan yang dilakukan oleh J.J. Thomson (1897) dengan tabung sinar katoda yaitu sebesar  $\frac{e}{m} = 1,76 \times 10^{11} \text{ C/Kg}$  sehingga dapat kita bandingkan dengan nilai-nilai tetapan yang didapatkan:

$1,356 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  ; dengan  $N = 100$  lilitan  
 $1,669 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  ; dengan  $N = 150$  lilitan  
 $1,482 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  ; dengan  $N = 200$  lilitan  
 $1,665 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  ; dengan  $N = 250$  lilitan  
 $2,047 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  ; dengan  $N = 300$  lilitan

Dari 5 hasil data, didapatkan, rata-rata  $e/m = 1,641 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  dan dengan menggunakan ralat maksimal didapatkan ralat  $\Delta e/m = 0,406 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$  sehingga  $e/m = 1,641 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg} \pm 24.747\%$  menyatakan bahwa dalam eksperimen ini sudah hampir mendekati hasil dengan nilai konstanta  $e/m$  pada percobaan J.J. Thomson sebesar  $\frac{e}{m} = 1,76 \times 10^{11} \text{ C/Kg}$  dengan 6,76% .

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa Perhitungan  $e/m$  menggunakan tabung televisi dengan kumpulan helmholtz sudah cukup baik dan tidak terlalu rumit, kiranya amat bermanfaat untuk mendidikkan berpikir kritis dan analitis, serta melatih keterampilan dan kecermatan dalam eksperimentasi di samping sedikit banyak menanamkan metode ilmiah.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengukuran ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengukuran harus ada yang membantu sehingga ketelitian dalam pengukuran lebih tepat.
2. flayback sebagai tegangan pemercepat diusahakan terpisah dari rangkaian TV sehingga tidak terganggu dari sinyal televisi sendiri.

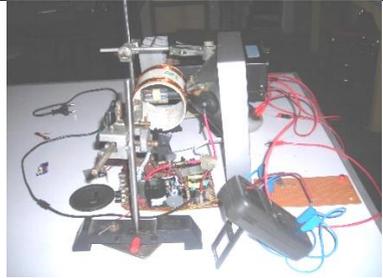
## Daftar Pustaka

- Daryanto. 2006. *Pengetahuan Praktis Televisi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Debyana S. 2008. Menentukan Medan Magnet Bumi Dengan Menggunakan Kumparan Helmholtz dan Solenoida. *Skripsi*, UKRIM.
- Hidayat S., Lilik. 2004. *Kamus Fisika Bergambar*. Bandung: Pakar Raya.
- Netsains. Com
- Santosa, Ign, Edi. 2003. *Petunjuk Praktikum Fisika Modern*. Yogyakarta: USD.

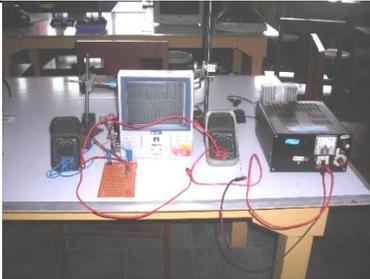
# Lampiran



berbagai variasi kumparan  
helmholtz



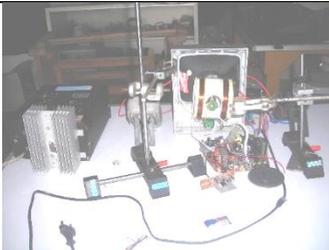
tampak dari samping



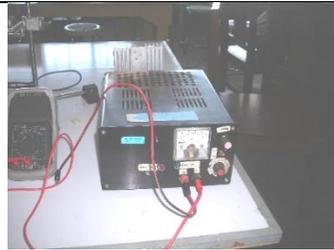
tampak dari depan



tampak dari atas



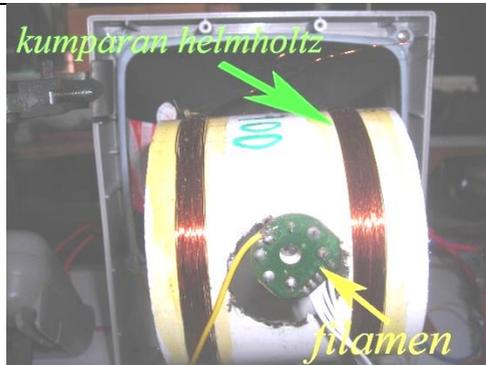
dari belakang



sumber arus



Sumber tegangan pemercepat  $V_a$



# Indeks

## A

Alat, 43  
Arah, 6, 10, 12, 13, 16, 18  
Arus, vi, 5, 14, 33, 47  
Aturan, vii, 10

## D

Data, vi, 49, 50, 53, 55, 57, 59

## E

Eksperimen, vi, 23, 43, 46  
Elektron, vi, 1, 2, 23, 29, 37

## G

Gerakan, vi, 37, 40

## H

Helmholtz, 1, 4, vii, viii, 1, 4,  
20, 41, 43, 44, 45, 52, 54,  
56, 58, 60, 62  
Hitam Putih, vi, 27  
Horizontal, 34

## J

Jumlah, 28

## K

Kajian, 43

Katoda, vii, 23, 24, 25, 32, 35  
Kawat, 8, 15, 16, 29  
Kumparan, 1, 3, 4, 20, 43, 62

## L

Listrik, vi, 5, 24  
Loop, 14, 16, 17

## M

Magnet, vi, 5, 20, 62  
Medan, vi, 4, 5, 8, 14, 16, 20,  
29, 62

## N

Nilai, 21

## P

Pengukuran, vi, 1  
Percobaan, vi, 37, 49  
Perhitungan, vi, 46, 49, 51, 54,  
56, 58, 59, 61

## S

Savart, 5, 6, 7, 10, 17  
Sinar, vii, 1, 24, 25, 37  
Sinkronisasi, 34  
Sinyal, 34, 35

## **T**

Tabung, 1, 3, 4, vi, vii, 24, 25,  
27, 28, 29, 30, 35, 37, 43

Tahap, vi, 43

Televisi, vi, 27, 43, 62

Teori, vi, 23

Thomson, vi, vii, 1, 4, 23, 24,  
25, 37, 60, 61

Titik, 27

TV, 1, 3, 4, vi, 1, 4, 27, 28, 34,  
37, 43, 45, 61

## **V**

Vektor, 10

## Profil Penulis



**Elyakim Nova Supriyedi Patty, S.Si., M.Pd.** lahir di Mataram 5 November 1985. Menyelesaikan studi S1 dan mendapatkan gelar S.Si di Universitas Kristen Imanuel (UKRIM) Yogyakarta pada tahun 2009 dan mendapatkan gelar M.Pd. pada tahun 2011 di Universitas Sarjanawiyata Taman Siswa Yogyakarta. Bekerja di STKIP Weetebula sebagai dosen Fisika ber-NIDN dan memegang jabatan Sekretaris LPM Hingga tahun 2020. Saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [elyakim@universitasbumigora.ac.id](mailto:elyakim@universitasbumigora.ac.id)



**Liefson Jacobus, S.Si., M.Sc.** lahir di Dame, 25 Desember 1973. Menyelesaikan studi S1 dan mendapatkan gelar S.Si di Universitas Kristen Imanuel (UKRIM) Yogyakarta pada tahun 2001 dan mendapatkan gelar M.Sc. pada tahun 2013 di Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Bekerja di UKRIM Yogyakarta sebagai dosen Fisika. Pernah menjabat sebagai kepala Laboratorium Fisika Dasar, Kepala Laboratorium Elektronika Dasar, Wakil Dekan III Fakultas MIPA UKRIM. Saat ini menjabat sebagai Warek Bidang

Kemahasiswaan dan Alumni UKRIM  
Yogyakarta.

E-mail [liefson@ukrimuniversity.ac.id](mailto:liefson@ukrimuniversity.ac.id)



**Heri Sopian Hadi, S.Pd, M.Pd.** Lahir di Landah, 07 Juni 1997, Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat. Pendidikan ditempuh di SDN Landah, SMP Negeri 2 Praya Timur, SMA Negeri 1 Praya Timur, Menyelesaikan S1 di UIN Mataram pada tahun 2019, melanjutkan Program Magister di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2020, pada tahun 2022 meraih gelas S2 Pendidikan Matematika, saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [heri@universitasbumigora.ac.id](mailto:heri@universitasbumigora.ac.id)



**Marlina, S.Pd, M.Pd.** Lahir di Tegal, 06 Maret 1997, Jawa Tengah. Pendidikan ditempuh di SDN Debong Lor, SMP Negeri 19 Tegal, SMA Negeri 4 Tegal, Menyelesaikan S1 di UII Yogyakarta pada tahun 2019, melanjutkan Program Magister di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2019, pada tahun 2022 meraih gelas S2 Penelitian dan Evaluasi Pendidikan, saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [marlina@universitasbumigora.ac.id](mailto:marlina@universitasbumigora.ac.id)



**Sri Astuti Iriyani, S.Pd.I, M.Pd.** Lahir di Jayapura, 30 Maret 1995, Papua. Pendidikan ditempuh di SDN 1 Kambilo, MTSN 1 Wawo, SMAN 1 Wawo menyelesaikan S1 di Universitas Islam Alauddin Makassar pada tahun 2016, melanjutkan Program Magister di Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2016, pada tahun 2018 meraih gelar S2 Manajemen Pendidikan. Saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [sri.astuti@universitasbumigora.ac.id](mailto:sri.astuti@universitasbumigora.ac.id)



**Abdul Rahim, S.Pd., M.Pd.** Lahir di Boleng, 06 Juni 1991, NTT. Pendidikan ditempuh di SDN Boleng, SMPN 1 Nubatukan, SMAN 1 Nubatukan menyelesaikan S1 di Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa pada tahun 2017, melanjutkan Program Magister di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2019, pada tahun 2022 meraih gelar S2 Penelitian dan Evaluasi Pendidikan. Saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [abdul.rahim@universitasbumigora.ac.id](mailto:abdul.rahim@universitasbumigora.ac.id)



**Irhas, S.Kom.,M.Pd.** Lahir di Kala, 09 Oktober 1994, Bima. Pendidikan ditempuh di SDN Inpres Kala, SMPN 1 Donggo, SMAN 1 Donggo menyelesaikan S1 di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta pada tahun 2018, melanjutkan Program Magister di Universitas Sebelas Maret Surakarta pada tahun 2019, pada tahun 2022 meraih gelar S2 Teknonologi Pendidikan. Saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tehnik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [irhas@universitasbumigora.ac.id](mailto:irhas@universitasbumigora.ac.id)



**Reny Refitaningsih Peby Ria, M.Pd.** Lahir di Magetan, 22 Februari 1997, Jawa Timur. Pendidikan ditempuh di SDN Nguri 2, SMPN1 Lembeyan, MAN 2 Ponorogo, menyelesaikan S1 di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2020, melanjutkan Program Magister di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2020, pada tahun 2022 meraih gelas S2 Penelitian dan Evaluasi Pendidikan, saat ini aktif sebagai peneliti dan dosen tetap di program studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknik Universitas Bumigora Mataram. E-mail: [reny@universitasbumigora.ac.id](mailto:reny@universitasbumigora.ac.id).



**Lalu Busyairi Muhsin, M.Pd.** Lahir di Penujak, 12 Juni 1997, Lombok Tengah. Pendidikan ditempuh di SDN 2 Penujak, SMP PLUS Munirul Arifin NW Praya, MAN 2 Mataram, Menyelesaikan S1 di Universitas Mataram pada tahun 2019, melanjutkan Program Magister di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2020, pada tahun 2022 meraih gelas S2 Pendidikan Kimia, saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Bumigora Mataram. E-mail [lalubusyairi@universitasbumigora.ac.id](mailto:lalubusyairi@universitasbumigora.ac.id)



**Syafira Mahfuzi Ardiyati, M.Pd.** Lahir di Wonogiri, 13 Februari 1994, Jawa Tengah. Pendidikan ditempuh di SDN 2 Giritontro, Wonogiri, SMP Negeri 1 Giritontro, SMAN 1 Wonogiri menyelesaikan S1 di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2016, melanjutkan Program Magister di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2021 meraih gelar S2 Magister Pendidikan. Saat ini aktif sebagai Peneliti dan Dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tehnik Universitas Bumigora Mataram. E-mail [syafira@universitasbumigora.ac.id](mailto:syafira@universitasbumigora.ac.id)



**Mia Awaliyah, S, Pd., M. Pd.** Lahir di Wanareja, 18 Mei 1994. Pendidikan ditempuh di SD Negeri 181/VIII Wanareja, SMP Negeri 34 Tebo, dan SMA Negeri 2 Tebo. Menyelesaikan studi S1 pada tahun 2016 di Universitas Muhammadiyah Surakarta dan studi pascasarjana di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2021 dengan gelar Magister Pendidikan. Saat ini aktif sebagai dosen tetap di program studi Pendidikan Teknologi Informasi Universitas Bumigora, Mataram.

E-mail:

[mia.Awaliyah@universitasbumigora.ac.id](mailto:mia.Awaliyah@universitasbumigora.ac.id)