

PENGUKURAN e/m elektron MENGGUNAKAN TABUNG TELEVISI (TV) DAN KUMPARAN HELMHOLTZ

Elyakim N. S. Patty¹, Endiyas Waluyo², Liefson Jacobus²
Program Studi Fisika Fakultas Fisika Komputer Universitas Kristen Immanuel¹²³
elyakim_nsp@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the comparison value between e/m of electrons in the use of CRO television tube and use to examine the quality of the experimental method that was is by comparing the experimental method from J. J. Thomson. This research regarded as an experimental method, conducted by measuring the different of light points on the screen television tube to get the radius of electron motion. The data interpreted into a graph to a quater radius of current on the coil magnetic field Helmholtz I (amperes). This graph is used to find e/m value of electron and the result is:

$$\frac{e}{m} = 1,641 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg} \pm 24,747 \%$$

Key Words: e/m of electrons, television tubes and Helmholtz coils

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk menentukan nilai perbandingan antara e/m elektron dengan penggunaan tabung CRO TV dan menguji kualitas metoda eksperimen yang digunakan dengan membandingkan metoda eksperimen yang dilakukan oleh J.J Thomson. Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen, dilakukan dengan cara mengukur perubahan jarak titik-titik pada layar tabung TV sehingga diperoleh jari-jari dari gerakan electron. Data tersebut kemudian diinterpretasikan kedalam grafik hubungan terhadap seper jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet Helmholtz I (ampere). Dan dari grafik tersebut

Kata Kunci: e/m elektron, tabung televisi dan kumparan Helmholtz

PENDAHULUAN

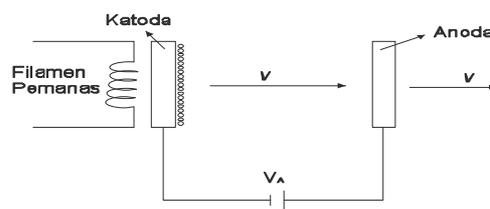
Nama elektron diusulkan oleh G. J. Stony. Penemuan elektron dimulai dari eksperimen yang dilakukan oleh J. J. Thomson (1897) dengan tabung sinar katoda (Lilik Hidayat S, 2004). Berdasarkan eksperimen tersebut, perbandingan antara muatan listrik dengan masa sinar katoda dapat ditentukan. Sinar katoda ini merupakan pancaran elektron. Dan hasil eksperimennya sebesar:

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

Masih banyak lagi fisikawan yang telah melakukan eksperimen tersebut. Jadi bukanlah hal yang baru untuk melakukan eksperimen ini. Namun eksperimen yang dilakukan relatif mahal dan susah terjangkau bagi para siswa atau mahasiswa untuk melakukan eksperimen fisika moderen khususnya untuk menghitung nilai e/m electron. Oleh karena itu Penulis melakukan eksperimen menentukan e/m electron dengan menggunakan tabung televisi (TV) hitam-putih 10inci dan kumparan Helmholtz.

Peneliti menggunakan tabung televisi sebagai tabung vakum karena tabung tersebut banyak didapatkan di pasaran, bahkan tegangan pemercepat (V_a) dan pemanas filamen yang digunakan telah tersedia didalam televisi tersebut, sehingga pelaksanaan eksperimen akan dapat dilakukan, dengan bahan-bahan yang mudah di peroleh dan biaya lebih relatif terjangkau. Teori perhitungan e/m electron sebagai berikut:

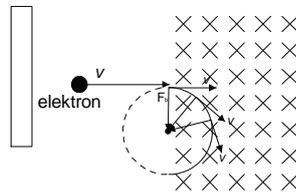
e/m electron



Gambar 1: cara kerja pelepasan elektron dari katoda ke anoda

Filamen panas akan melepaskan elektron-elektron katoda, dan ketika diberikan beda potensial maka 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 kinetic sebesar:

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



Gambar 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 (seperti tampak pada gambar 2) sebesar:

$$F_L = Bev \quad (3)$$

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

$$\frac{m v^2}{r} = B e v \quad (4)$$

atau

$$v = \frac{e}{m} B r \quad (5)$$

jika persamaan tadi digabungkan menjadi:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 V_a}{B^2 r^2} \quad (6)$$

Medan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan Helmholtz (Debyana S, 2008), besarnya bergantung arus (i) yang melewatinya, menurut persamaan:

$$B = k i \quad (7)$$

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

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

Eksperimen Teori e/m Yang Dilakukan Joseph John Thomson

Seperti yang telah dijabarkan diatas. Elektron merupakan partikel dasar penyusun atom yang pertama kali ditemukan. Elektron ditemukan oleh Joseph John

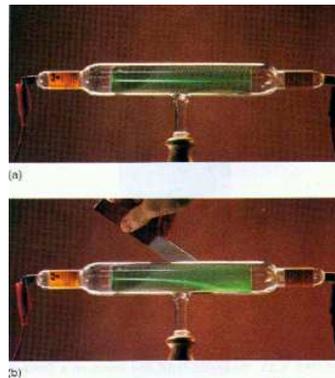
Thompson pada tahun 1897 (Edi Santoso, 2003). Elektron ditemukan dengan menggunakan tabung kaca yang bertekanan sangat rendah yang tersusun oleh:

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

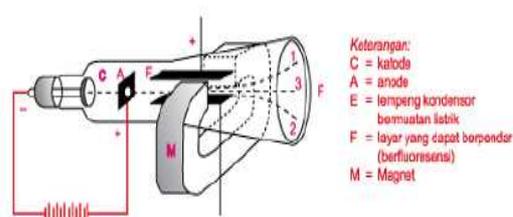
Listrik bertekanan tinggi yang dialirkan melalui plat logam mengakibatkan adanya sinar yang mengalir dari katoda menuju anoda yang disebut sinar katoda. Tabung kaca bertekanan rendah ini selanjutnya disebut tabung sinar katoda. Adanya sinar katoda membuat tabung menjadi gelap. Sinar katoda tidak terlihat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

Joseph John Thomson selanjutnya melakukan penelitian untuk menentukan perbandingan harga muatan elektron dan massanya (e/m). Hasil penelitian 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:

$$1,76 \times 10^8 \frac{C}{g} .$$



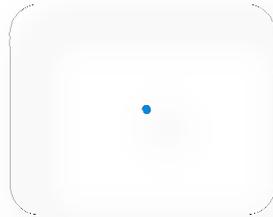
Gambar 3: Tabung Sinar Katoda



Gambar 4: Peralatan Thomson untuk menentukan harga e/m

Gerakan Elektron Pada Tabung TV

Dalam percobaan ini menggunakan tabung sinar katoda yang berasal dari tabung televisi (TV), yang 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. Oleh karena itu diperkuat dengan tegangan pemercepat V_a sehingga elektron-elektron tersebut menyentuh pada lapisan *posfor* di tabung televise (Daryanto, 2006). Tampak dari tabung televisi hanyalah sebuah seberkas titik cahaya, hal ini dikarenakan elektron-elektron yang menumbuk atom-atom dalam tabung TV akan menyebabkan atom tersebut tereksitasi disusul deeksitasi dengan memancarkan cahaya tampak.



Gambar 5: 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 5) menyebabkan elektron bergerak melingkar, dan gaya sentripetal yang bekerja padanya mengikuti persamaan berikut:

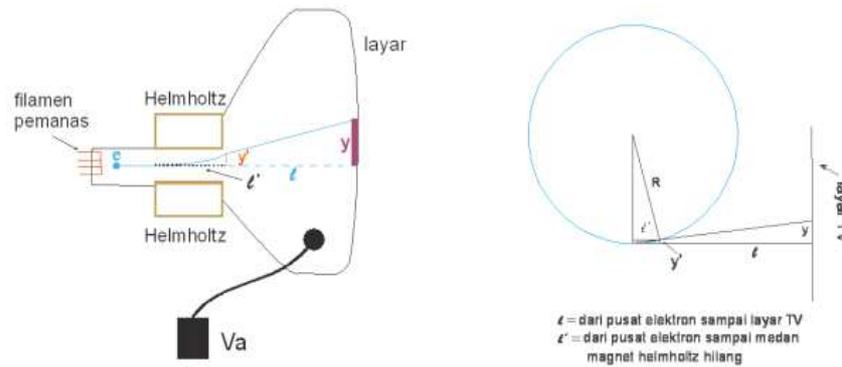
$$\frac{m v^2}{r} = B e v \quad (9)$$

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 6.

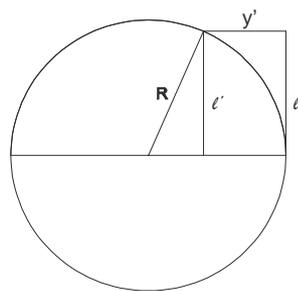
Sebelum mencari jari-jari (r) pada gerakan elektron, terlebih dahulu tentukan nilai Y' (dengan anggapan sudut sangat kecil sehingga berbentuk segitiga)

$$\frac{Y}{l} = \frac{Y'}{l'} \quad (10)$$

$$Y' = \frac{Y l'}{l} \quad (11)$$



Gambar 6: gerakan elektron



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

Gambar 7: gaya lorentz menyebabkan elektron bergerak melingkar

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

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

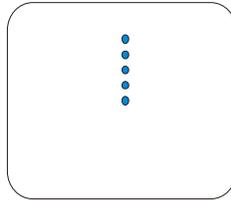
$$r^2 = l'^2 + r^2 - 2ry' + y'^2$$

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

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

$$r = \frac{l'^2 + y'^2}{2y'} \quad (12)$$

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



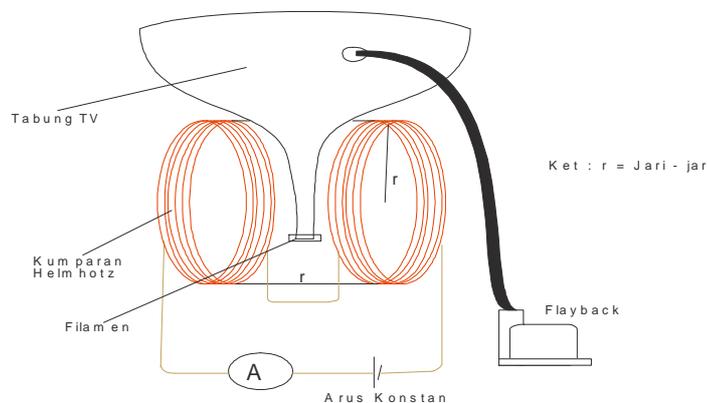
Gambar 8: perpindahan titik yang diakibatkan adanya medan magnet Helmholtz.

METODE

Desain Penelitian

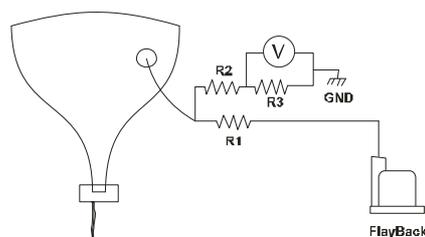
Dalam penelitian ini merangkai atau mendesain alat-alat yang dijadikan sebagai penelitian seperti yang terlihat dibawah ini:

1. Tampak dari atas



Gambar 9: Rangkaian tabung dengan kumparan Helmholtz.

2. Rangkaian pembagi tegangan pemercepat



Gambar 10.: Rangkaian untuk mengukur dan memvariasikan tegangan (R1 membagi atau memvariasikan tegangan dan R2 dan R3 rangkaian untuk mengukur tegangan)

Untuk menghitung tegangan pemercepat pada *flayback*:

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

$$V_{CRT} = \frac{R_2 + (R_3 // R_v)}{(R_3 // R_v)} \times V \quad (13)$$

Perinsip Kerja Alat Percobaan

Prinsip kerja pada percobaan ini adalah dengan menggantikan *Defleksi Youke* (DY) pada tabung televisi (TV) dengan kumparan Helmholtz sebagai pengganti medan magnet. Pada eksperimen ini, kumparan helmoltz disetiap percobaan akan divariasikan jumlah lilitannya (N) yaitu 100, 150, 200, 250 dan 300.

Eksperimen yang Dilakukan

Eksperimen yang dilakukan oleh penulis adalah:

1. Perhitungan e/m

Perhitungan e/m yang digunakan dengan persamaan (6)

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

2. Perhitungan jari-jari (r) dari gerakan elektron melingkar yang disebabkan gaya Lorentz dari persamaan (12)

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

Dalam perhitungan e/m menggunakan persamaan linier $y = ax + b$, menjadi:

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

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

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

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

$$\frac{1}{r} = \sqrt{\frac{e}{m} \frac{k^2}{2 V_a}} \quad i \quad (14)$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \downarrow$$

$$y = \qquad \qquad a \qquad x$$

3. Perhitungan e/m dengan persamaan (14) dilakukan berkali-kali dengan medan magnet yang berbeda-beda, yang divariasikan adalah N dari $B_h = N \frac{8\mu_0 i}{5b\sqrt{5}}$

TEKNIK ANALISA DATA

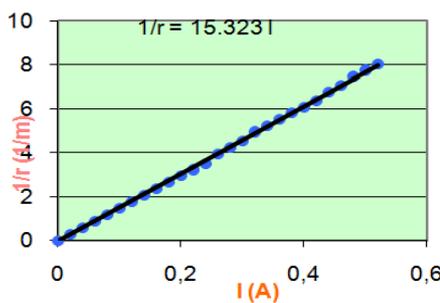
Analisa data pada eksperimen ini digunakan perhitungan secara grafik dan prinsip regresi linier dengan ralat-ralat yang digunakan dengan teori perambatan ralat

Hasil Eksperimen

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

Tabel 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 11: grafik terhadap seper jari-jari $1/r$ (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 100 lilitan

Perhitungan e/m dari persamaan 14 dengan menggunakan grafik

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

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \downarrow$$

$$y = \qquad \qquad a \qquad x$$

dengan gradien yang didapatkan dari grafik adalah $a = 15.323$. Sehingga e/m biasa didapatkan:

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

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

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2 \cdot 2 V_a}{k^2} \tag{15}$$

Dimana b jari-jari dari lingkaran helmholtz $b = 0,045 \text{ m}$, dan $V_a = 1153,26$ volt didapatkan dari persamaan 13 dimana $R_2 = 10M\Omega \pm 5\%$, $R_3 = 0,1M\Omega \pm 5\%$, $R_V = 1M\Omega \pm 5\%$ dan V pada voltmeter = 10,4 V sehingga:

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

dimana R_3 paralel dengan $R_v = 0,091$

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

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

Dan kostanta k pada medan Helmholtz (Debyana S 2008) adalah:

$$N = 100 \text{ lilitan}$$

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

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

(16)

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

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

Jadi :

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

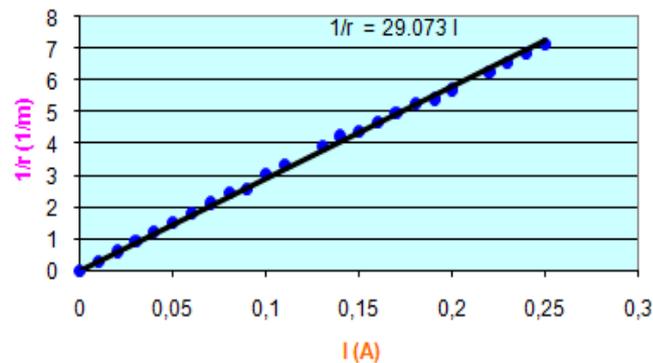
$$\frac{e}{m} = \frac{15,323^2 \cdot 2.1153,26 \text{ V}}{(19981,69523 \cdot 10^{-7} \text{ Wb / A.m})^2}$$

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

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

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

I (A)	y (cm)	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
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 12.: 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 dari persamaan (14) dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah $a = 29,073$. Sehingga e/m didapatkan dari persamaan (15).

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 (13) dimana $R_2 = 10M\Omega \pm 5\%$, $R_3 = 0,1M\Omega \pm 5\%$, $R_V = 1M\Omega \pm 5\%$ dan V pada voltmeter = 8 V. Sehingga konstanta k pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 150$$

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

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

Jadi :

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

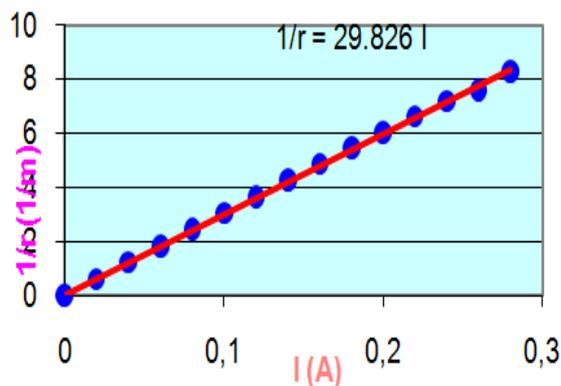
$$\frac{e}{m} = \frac{29,073^2 \cdot 2 \cdot 887,121}{(29972,54285 \cdot 10^{-7} \text{ Wb / A.m})^2}$$

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

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

Tabel 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



Gambar13: 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 dari persamaan (14) dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah $a = 29,826$. Sehingga e/m dari persamaan (15). 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 (13) dimana $R_2 = 10M\Omega \pm 5\%$, $R_3 = 0,1M\Omega \pm 5\%$, $R_V = 1M\Omega \pm 5\%$ dan V pada voltmeter = 12 V. Sehingga konstanta k pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 2001$$

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

$$k = 3996339904710^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

Jadi :

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

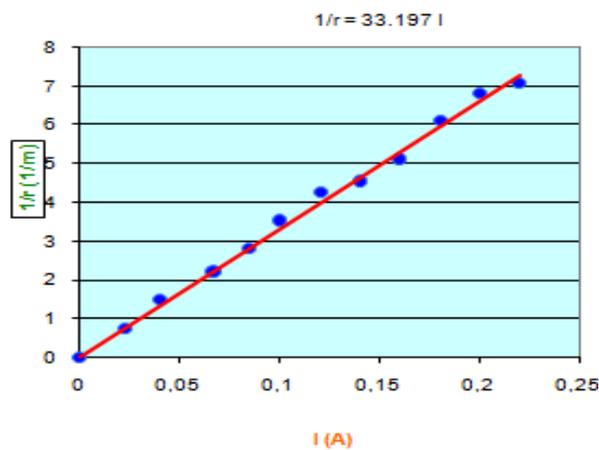
$$\frac{e}{m} = \frac{29,826^2 \cdot 2.1330681}{(3996339047.10^{-7} \text{ Wb/ A.m.})^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1,482.10^{11} \text{ C/Kg}$$

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

Tabel 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



Gambar 14: grafik terhadap seper jari-jari 1/r (1/meter) terhadap arus pada kumparan medan magnet helmholtz I (ampere) dengan jumlah 250 lilitan

Perhitungan e/m dari persamaan (14) dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah $a = 33,197$. Sehingga e/m dari persamaan (15). 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 (16) 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:

$$N = 250 \text{ l}$$

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

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

Jadi :

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

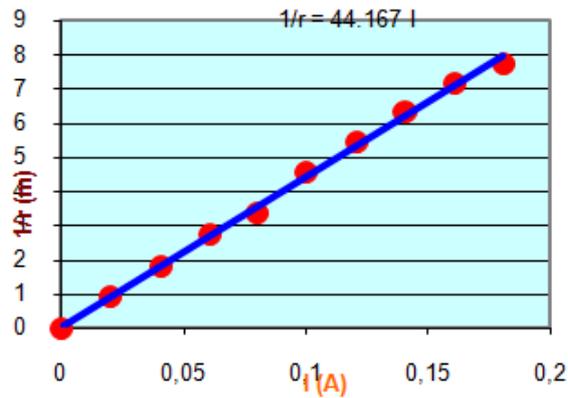
$$\frac{e}{m} = \frac{33,193^2 \cdot 2 \cdot 1885,681}{(49954,23809 \cdot 10^{-7} \text{ Wb / A.m})^2}$$

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

Data percobaan 5 dengan $N=300 \text{ l}$ dan $l = 0,145 \text{ m}$

Tabel 5: Tabel data percobaan 5 dengan $N= 300$ lilitan

I (A)	Y (m)	Y'=Y*L/L	r = l'^2 + y'^2 / 2* y'	r = r/100 (m)	1/r (1/m)
0	0	0	0		0
0.0201	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 15: 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 dari persamaan (14) dengan menggunakan grafik dan gradien yang didapatkan dari grafik adalah $a = 44,167$. Sehingga e/m dari persamaan (15). Dimana b jari-jari dari lingkaran helmholtz $b = 0,045$ m, dan $V_a = 1885,681$ volt dan $\Delta V_a = 320,566$ volt didapatkan dari persamaan (16) 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 kostanta k pada medan Helmholtz adalah:

$$N = 300 \text{ l}$$

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

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

Jadi :

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

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

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

KESIMPULAN

Pada pengukuran ini 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 $\frac{e}{m} = 1,641 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$ dan dengan menggunakan ralat maksimal didapatkan ralat $\Delta \frac{e}{m} = 0,406 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$ sehingga $\frac{e}{m} = 1,641 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg} \pm 24,747\%$ 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 kumparan helmholtz sudah cukup baik dan tidak terlalu rumit, kiranya dapat bermanfaat untuk berpikir kritis dan analitis, serta melatih keterampilan dan kecermatan dalam experimentasi di samping untuk menanamkan metode ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

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