

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

FISIKA MODERN

SEMESTER GANJIL T.A. 2018/2019



Disusun Oleh:

NURUN NAYIROH, M.Si

**LABORATORIUM FISIKA ATOM
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2018**

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah senantiasa memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan buku petunjuk praktikum Fisika Modern ini dengan baik.

Diktat ini disusun sebagai buku panduan atau pegangan Praktikum Fisika Modern di lingkungan Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dengan materi yang telah disesuaikan dengan materi mata kuliah Fisika Modern. Sebagian materi di dalam diktat ini merupakan hasil penyempurnaan dari materi yang terdapat dalam buku penuntun Praktikum Fisika Modern yang sebelumnya ditambah dengan beberapa hal dan judul yang baru.

Tujuan penyusunan diktat ini adalah untuk membantu para asisten dan mahasiswa dalam mengikuti kegiatan praktikum dengan baik dan benar sekaligus untuk menambah wawasan terhadap teori yang telah didapatkan dalam perkuliahan serta membantu menambah ketrampilan mahasiswa dalam melakukan kerja di laboratorium.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada seluruh Laboran dan Kepala Laboratorium Fisika beserta seluruh pihak yang telah membantu penyusunan diktat ini. Akhirnya, penulis menyadari bahwa diktat ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk penyempurnaan diktat berikutnya.

Malang, Agustus 2018

Penyusun

TATA TERTIB PRAKTIKUM

Setiap praktikan yang melakukan praktikum Fisika Modern di Laboratorium Jurusan Fisika, diwajibkan mematuhi tata tertib berikut :

1. Praktikan harus sudah siap menjalankan praktikum lima menit sebelum kegiatan praktikum dimulai.
2. Pada saat melakukan praktikum diharuskan memakai jas praktikum.
3. Setiap praktikan diharuskan membaca dengan teliti petunjuk praktikum yang akan dilakukan dan membuat ringkasan cara kerja praktikum (password masuk: Tujuan praktikum, dasar teori, metode eksperimen dan daftar pustaka) yang akan dilaksanakan pada saat itu.
4. Sebelum praktikum dimulai pada setiap awal praktikum akan diadakan pre-tes.
5. Dilarang makan dan minum pada saat kegiatan praktikum.
6. Laporan sementara dibuat pada saat praktikum dan pada saat praktikum akan usai dimintakan persetujuan Asisten praktikum.
7. Setiap selesai praktikum akan diadakan post-test.
8. Laporan resmi praktikum dikumpulkan pada setiap awal praktikum berikutnya.
9. Setelah usai praktikum setiap kelompok bertanggung jawab terhadap keutuhan dan kebersihan alat-alat dan fasilitas kemudian mengisi buku log penggunaan alat-alat praktikum.
10. Bagi praktikan yang berhalangan hadir diharuskan membuat surat ijin dan apabila sakit harus dilampiri surat keterangan dokter.
11. Ketentuan yang belum tercantum dalam tata tertib ini apabila perlu akan ditentukan kemudian.

PJ.Praktikum Fisika Modern

Nurun Nayiroh, M.Si
NIP. 19850312 201101 2 018

DAFTAR ISI

Halaman

1. Sampul	1
2. Kata Pengantar	2
3. Tata Tertib Praktikum	3
4. Daftar Isi	4
5. FM-1 Percobaan Frank-Hertz dengan Tabung-Ne	5
6. FM-2 Muatan Elektron Spesifik $-e/m$	9
7. FM-3 Penyerapan Elektron (β)	13
8. FM-4 Efek Zeeman	17
9. Daftar Pustaka	23
10. Sistematika Laporan	24
11. Laporan Sementara	25

FM – 1

PERCOBAAN FRANK-HERTZ DENGAN TABUNG-Ne

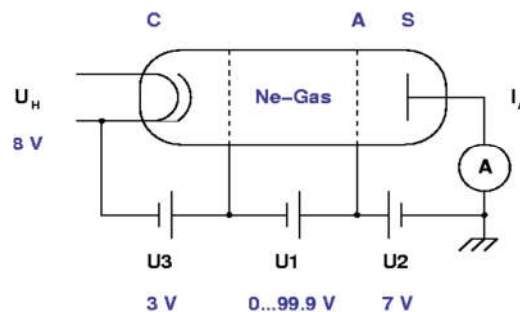
I. TUJUAN PERCOBAAN

1. Untuk merekam kuat arus counter I_s pada tabung Frank-Hertz sebagai fungsi tegangan anoda U_a .
2. Untuk menentukan energi eksitasi E_a dari posisi kuat arus minimum atau maksimum dalam bentuk diferensiasi.

II. DASAR TEORI

Niels Bohr memperkenalkan model atom seperti susunan planet pada tahun 1913: Sebuah atom terisolasi terdiri dari inti bermuatan positif dimana elektron didistribusikan dalam orbit yang berurutan. Dia juga berpostulat bahwa orbit-orbit hanya terjadi ketika momentum sudut elektron merupakan kelipatan integral dari $h/2p$, yaitu $n * h/2p$, dimana n adalah bilangan bulat dan h adalah konstanta Planck.

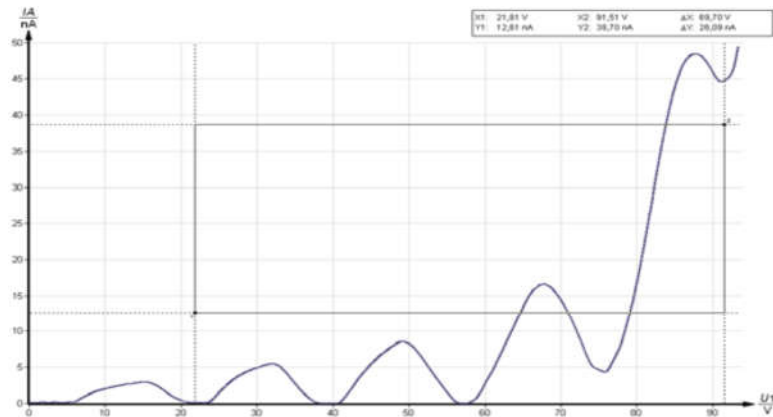
Gambar elektron Bohr dalam keadaan diskrit dengan transisi antara keadaan-keadaan itu menghasilkan radiasi yang frekuensinya ditentukan oleh perbedaan energi antara keadaan yang dapat diperoleh dari mekanika kuantum yang menggantikan mekanika klasik ketika berhadapan dengan struktur sekecil atom. Ini tampaknya rasionalitas dari model Bohr dimana elektron dapat membuat transisi turun yang diperbolehkan dari keadaan energi yang lebih tinggi ke keadaan yang lebih rendah, elektron-elektron tereksitasi menjadi keadaan energi yang lebih tinggi dengan menyerap sejumlah energi yang mewakili perbedaan antara keadaan yang lebih rendah dan lebih tinggi. James Franck dan Gustav Hertz menunjukkan bahwa ini adalah, memang kasus dalam serangkaian percobaan yang dilaporkan pada tahun 1913, tahun yang sama bahwa Bohr juga menyajikan modelnya. Franck dan Hertz menggunakan seberkas elektron dipercepat untuk mengukur energi yang dibutuhkan untuk mengangkat elektron dalam keadaan dasar dari gas atom merkuri ke keadaan tereksitasi pertama (lihat percobaan FM-1). Dalam percobaan ini tabung diisi dengan gas neon.



Gambar 1. Prinsip pengukuran.

Elektron yang dipancarkan oleh katoda termionik dipercepat antara katoda A dan anoda C dalam tabung yang diisi dengan gas neon (Gambar. 1) dan tersebar oleh tumbukan elastis dengan atom neon.

Dari tegangan anoda $U_1 = 16,8 \text{ V}$, bagaimanapun, energi kinetik elektron cukup untuk membawa elektron valensi neon ke tingkat eksitasi pertama oleh tumbukan elastis. Karena energi yang menyertainya hilang, elektron sekarang tidak dapat lagi melintasi medan yang berlawanan antara anoda A dan elektroda counter S: I saat ini minimal. Jika kita sekarang meningkatkan tegangan anoda lebih lanjut, energi kinetik elektron masih cukup lagi untuk mengatasi medan lawan: kuat arus I meningkat. Ketika $U_1 = 2 \times 16,8 \text{ V}$ energi kinetik begitu tinggi dimana dua atom dalam sukseksi dapat dieksitasi dengan elektron yang sama: kita memperoleh arus minimal kedua (Gambar. 4), sehingga Grafik I / U_1 menunjukkan maxima dan minima mempunyai berjarak sama.



Gambar 2. Contoh rekaman kurva Frank-Hertz dengan tabung-Ne.

Tegangan U_1 antara anoda dan katoda diwakili oleh:

$$U_1 = U + (\Phi_A - \Phi_C),$$

di mana U adalah tegangan yang diberikan, dan Φ_A dan Φ_C masing-masing merupakan fungsi kerja tegangan dari anoda dan katoda. Sebagai energi eksitasi E yang ditentukan dari perbedaan tegangan di minima itu, tegangan fungsi kerja menjadi tidak penting di sini.

Menurut teori klasik, tingkat energi atom merkuri yang tereksitasi bisa acak. Namun menurut teori kuantum, tingkat energi yang pasti harus diberikan untuk atom dalam proses dasar.

Rangkain kurva I/U_A pertama kali dijelaskan atas dasar pandangan ini dan dengan demikian merupakan konfirmasi kuantum teori.

Atom neon tereksitasi lagi melepaskan energi yang telah diserap, dengan mengemisikan foton. Ketika energi eksitasi $E=16,8 \text{ eV}$, panjang gelombang foton ini adalah

$$\lambda = ch/E = 73,8 \text{ nm}$$

dimana $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
dan $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV}$

Untuk evaluasi kita, kita tentukan nilai tegangan minimum. Dari diferensiasi antara nilai-nilai itu, kita peroleh energi eksitasi E dari atom neon dengan mengambil nilai rata-rata. Dengan mengevaluasi pengukuran pada Gambar 2 kita peroleh nilai:

$$E = (17.4 \pm 0.7) \text{ eV.}$$

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

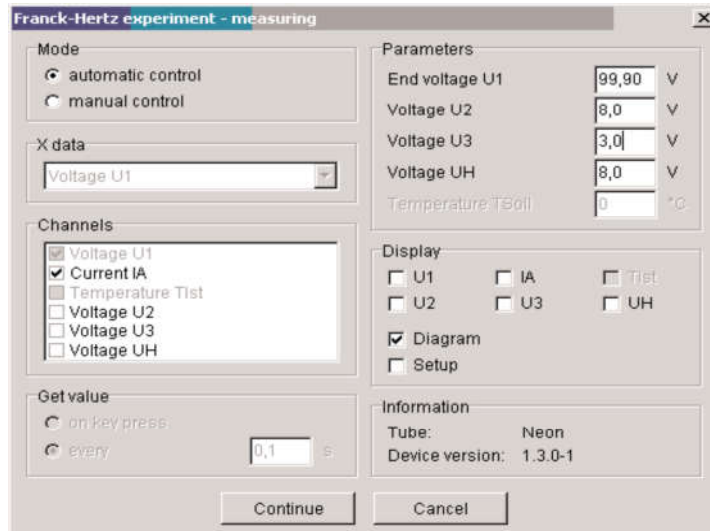
1. Unit operasi Franck-Hertz	09105.99	1 buah
2. Tabung neon Franck-Hertz dengan badannya	09105.40	1 buah
3. Kabel penghubung 5-pin, pada tabung nNe	09105.50	1 buah
4. Kabel-Shielded BNC-, $l = 75 \text{ cm}$	07542.11	1 buah
5. Kabel data RS 232	14602.00	1 buah
6. Software Franck-Hertz	14522.61	1 buah
7. PC, Windows® 95 atau lebih tinggi		1 buah



Gambar 3. Pengaturan percobaan Frank-Hertz dengan PC.

B. Langkah Percobaan

1. Aturlah alat percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.
2. Sambungkan unit operasi ke port komputer COM1, COM 2 atau ke port USB (gunakan USB ke adapter converter RS232).
3. Mulailah program pengukuran dan pilih Gauge Cobra3 “*Franck-Hertz experiment*”. Pilihlah parameter-parameter yang diberikan pada Gambar 4 dan tekan tombol “*Continue*”.



Gambar 4. Parameter-parameter pengukuran.

C. Tabel Data Percobaan

Tegangan $U_2 =$		Tegangan $U_2 =$		Tegangan $U_2 =$	
N	x (eV)	N	x (eV)	n	x (eV)
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
dst.		dst.		dst.	
E=.....eV		E=.....eV		E=.....eV	

IV. TUGAS

1. Apa kemungkinan yang terjadi pada percobaan ini jika nilai tegangan U_2 diubah-ubah?
2. Apa kesimpulan dari hasil percobaan Frank-Hertz ini?
3. Bagaimana pandangan teori klasik dan kuantum tentang tingkat energi pada atom-atom merkuri dalam percobaan Frank-Hertz ini? Jelaskan secara jelas dan detail!

FM - 2

MUATAN ELEKTRON SPESIFIK - e/m

I. TUJUAN PERCOBAAN

1. Mengamati arah lintasan berkas elektron yang dipengaruhi oleh medan magnet.
2. Menentukan muatan elektron spesifik (e/m_0) dari bagian sinar elektron dalam variabel kuat medan listrik dan magnet.

II. DASAR TEORI

Percobaan tabung sinar katoda pertama kali dilakukan William Crookes (1875). Hasil eksperimennya adalah ditemukannya seberkas sinar yang muncul dari arah katoda menuju ke anoda yang disebut sinar katoda. George Johnstone Stoney (1891) yang memberikan nama sinar katoda disebut "elektron". Joseph John Thomson (1897) melanjutkan eksperimen William Crookes yaitu pengaruh medan listrik dan medan magnet dalam tabung sinar katoda. Hasil percobaannya membuktikan bahwa ada partikel bermuatan negatif dalam suatu atom karena sinar tersebut dapat dibelokkan ke arah kutub positif medan listrik. Dengan percobaan inilah J.J. Thomson berhasil menentukan kecepatan dan perbandingan muatan/massa elektron (e/m_0) dari berbagai sumber.

Pada suatu percobaan sinar katoda dilewatkan melalui anoda berlubang dengan celah sempit dan dijatuhkan pada suatu layar. Dengan memasang suatu medan magnet, berkas sinar katoda akan mengalami pembelokan. Pembelokan akibat adanya medan magnet tersebut dapat diimbangi dengan pemasangan medan listrik dengan kekuatan dan arah yang sesuai sehingga berkas sinar katoda kemudian tidak mengalami penyimpangan arah. Penyimpangan suatu partikel bermuatan dalam suatu medan magnet atau medan listrik adalah sebanding dengan muatannya ($\approx e$) dan berbanding terbalik dengan massanya ($\approx m$). Dari besarnya kekuatan medan magnet dan medan listrik yang digunakan sehingga tidak terjadi arah gerak elektron, Thomson dapat menghitung angka banding e/m elektron yaitu $-1,76 \times 10^{11} \text{C/kg}$. Penentuan muatan elektron dilakukan oleh Robert Milikan (1908) melalui percobaan tetes minyak, memberikan hasil bahwa muatan elektron adalah $-1,6 \times 10^{-19} \text{C}$. Dengan demikian, dari percobaan J.J. Thomson dan R. Milikan dapat ditentukan massa elektron $m_e = 9,106 \times 10^{-31} \text{kg}$.

Jika sebuah elektron bermassa m_0 dan bermuatan e dipercepat oleh sebuah beda potensial U , energi kinetiknya mencapai:

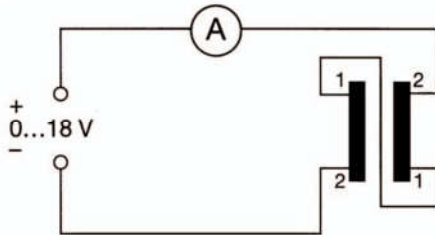
$$e \cdot U = \frac{1}{2} m_0 \cdot v^2 \quad (1)$$

di mana v merupakan kecepatan elektron.

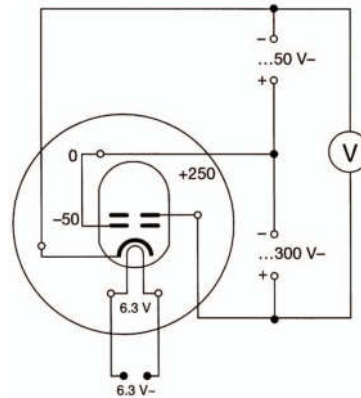
Pada sebuah medan magnet yang berkekuatan B , gaya Lorentz bekerja pada elektron dengan kecepatan v adalah

$$F = e \cdot v \times B \quad (2)$$

Jika medan magnetnya uniform, sebagaimana pada susunan Helmholtz, elektron mengikuti jalur spiral sepanjang garis gaya magnet, yang kemudian menjadi sebuah lingkaran berjari-jari r jika v tegak lurus B .



Gambar 1. Diagram kawat untuk kumparan Helmholtz



Gambar 2. Diagram kawat untuk tabung sinar Narrow

Karena gaya sentrifugal $m_0.v^2/r$, sehingga menghasilkan persamaan yang sesuai dengan gaya Lorentz, didapatkan

$$v = e/m_0 \cdot B \cdot r \quad (3)$$

dimana B adalah besaran mutlak dari vektor B .

Dari persamaan (1), diperoleh hasil:

$$\frac{e}{m_0} = \frac{2U}{(B \cdot r)^2} \quad (4)$$

Untuk menghitung besarnya medan magnet B , persamaan pertama dan keempat yang dikemukakan oleh Maxwell digunakan pada kasus dimana keberadaan medan listrik tidak bergantung waktu.

Kita mendapatkan kuat medan magnet B_z pada sumbu z dari sebuah arus melingkar I untuk susunan simetris 2 kumparan pada jarak a antara kumparan satu dengan yang lain.

$$B_z = \mu_0 \cdot I \cdot R^2 \left\{ \left(R^2 + \left(z - \frac{a}{2} \right)^2 \right)^{3/2} + \left(R^2 + \left(z + \frac{a}{2} \right)^2 \right)^{3/2} \right\}$$

Dengan $\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{ VsA}^{-1} \text{ m}^{-1}$, dan $R = \text{jari-jari kumparan}$.

Untuk susunan Helmholtz dua kumparan ($a=R$) dengan banyaknya putaran n pada pusat antar kumparan, kita mendapatkan:

$$B = \left(\frac{4}{5} \right)^{3/2} \cdot \mu_0 \cdot n \frac{I}{R} \quad (5)$$

Untuk kumparan yang digunakan dalam percobaan ini, $R=0,2 \text{ m}$ dan $n = 154$. Nilai literatur : $e/m = 1.759 \times 10^{-11} \text{ As/kg}$

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

1. Tabung sinar Narrow	06959.00	1 buah
2. Sepasang kumparan Helmholtz	06960.00	1 buah
3. Power supply, 0...600 VDC	13672.93	1 buah
4. Power supply, universal	13500.93	1 buah
5. Multimeter digital	07134.00	2 buah
6. Kabel penghubung, l = 100 mm, merah	07359.01	1 buah
7. Kabel penghubung, l = 100 mm, biru	07359.04	1 buah
8. Kabel penghubung, l = 750 mm, merah	07362.01	5 buah
9. Kabel penghubung, l = 750 mm, biru	07362.04	3 buah
10. Kabel penghubung, l = 750 mm, kuning	07362.02	3 buah



Gambar 3. Rangkaian alat percobaan untuk menentukan muatan elektron spesifik.

B. Langkah Percobaan

1. Rangkailah peralatan percobaan seperti pada Gambar 1 dan sambungan listrik ditunjukkan pada diagram kawat (Gambar 3).
2. Putarlah dua kumparan ke depan antara satu kumparan dengan yang lain dalam susunan Helmholtz.
3. Berilah arus pada kedua kumparan dengan besar yang sama, lebih baik menggunakan rangkaian paralel. Arus maksimal yang digunakan tidak boleh lebih dari 5 A. Jika polaritas medan magnet benar, sebuah lintasan bercahaya melengkung akan tampak pada ruangan gelap.
4. Variasikan medan magnet (arus diubah) dan kecepatan elektron dengan memperbesar tegangan, jari-jari orbit dapat disesuaikan bersamaan dengan jari-jari yang digambarkan oleh lintasan bercahaya.
5. Ketika berkas elektron sinuses dengan lintasan bercahaya, akan hanya ada setengah lingkaran yang teramati.

6. Lanjutkan percobaan dengan jari-jari lintasan 2, 3, 4 atau 5 cm. Kemudian hitung nilai B dan e/m untuk masing-masing jari lintasan.

C. Tabel Data Percobaan

U/V	r =0,02 m		r =0,03 m		r =0,04 m	
	I (A)	e/m_0 (Askg ⁻¹)	I (A)	e/m_0 (Askg ⁻¹)	I (A)	e/m_0 (Askg ⁻¹)
100						
120						
140						
160						
180						
200						
220						
240						
260						
270						
280						
300						

Catatan: Gunakan persamaan (5) untuk mencari nilai medan magnet B dan persamaan (4) untuk menghitung e/m_0 .

FM-3 PENYERAPAN ELEKTRON (β^-)

I. TUJUAN PERCOBAAN

1. Mengukur laju perhitungan β^- sebagai fungsi ketebalan penyerap (absorber) dengan menggunakan material penyerap yang berbeda-beda, misalnya aluminium (Al), kaca (GL), Plumbum (Pb), tembaga (Cu), Besi (Fe), mika, kertas keras/tebal (HP), dan kertas ketik (TP).
2. Mengevaluasi koefisien redaman untuk empat material penyerap dan diplot sebagai fungsi densitas.

II. DASAR TEORI

Radioaktivitas adalah kemampuan inti atom yang tak-stabil untuk memancarkan radiasi menjadi inti yang stabil. Materi yang mengandung inti tak-stabil yang memancarkan radiasi, disebut zat radioaktif. Besarnya radioaktivitas suatu unsur radioaktif (radionuklida) ditentukan oleh konstanta peluruhan (λ), yang menyatakan laju peluruhan tiap detik, dan waktu paro ($t_{1/2}$). Tiga jenis radiasi yang dapat diemisikan, yaitu partikel alfa, partikel beta dan sinar gama. Partikel alfa (α) merupakan inti ${}^4\text{He}_2$. Partikel beta (β) dapat berupa elektron (β^-) atau positron (β^+). Sebuah positron adalah *antipartikel* dari elektron, massanya sama seperti elektron kecuali muatannya $+e$. Sinar gama merupakan foton berenergi tinggi. Kemampuan daya tembus partikel-partikel tersebut berbeda beda. Partikel α tidak dapat melalui kertas, sedangkan beta dan gama mampu. Partikel β tidak dapat melalui aluminium, sedangkan gama mampu dan tidak dapat melalui timah. Radiasi akan mengionisasi atom dalam sel hidup, akibatnya akan dapat merusak sel dan menyebabkan kanker atau leukaemia. Diluar tubuh, β dan γ lebih berbahaya karena dapat menembus kulit dan masuk ke organ tubuh. Sedangkan di dalam tubuh, radiasi α lebih berbahaya karena tidak punya cukup energi untuk keluar dari tubuh dan memiliki daya ionisasi paling besar untuk merusak sel. Partikel β dan γ kurang berbahaya dibanding α karena memiliki energi yang cukup untuk keluar dari tubuh.

Redaman aliran partikel elektron (β^-) oleh sebuah penyerapan material akibat hamburan dan penyerapan riil dapat diketahui dengan menggunakan tabung counter. Jumlah partikel yang masuk melalui jendela tabung counter persatuan waktu (I) sebanding dengan laju perhitungan yang ditunjukkan oleh counter Geiger Muller. Jika

I_0 adalah jumlah partikel yang masuk tabung counter per satuan waktu pada saat tidak ada bahan penyerap, pada saat terdapat bahan penyerap dengan ketebalan d , maka I sebagai jumlah partikel yang masuk tabung counter per satuan waktu memiliki rumus sebagai berikut:

$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (1)$$

μ adalah koefisien redaman. Koefisien ini dapat diperoleh dari persamaan (1).

$$\mu = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{d} \quad (2)$$

Plot I versus d memungkinkan untuk mengukur koefisien redaman pada perbedaan materia-material yang digunakan.

Faktor perbandingan antara μ dan ρ adalah koefisien redaman massa μ_m .

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = 35,4 \pm 3,4 \frac{cm^2}{g} \quad (3)$$

Untuk distribusi energi dari partikel-partikel tertentu seperti sumber emisi β -, nilai μ_m adalah konstan untuk semua material penyerap. Dalam literatur yang berkaitan dengan nilai μ_m kompleks ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$\mu_m = \frac{22 \frac{cm^2}{g}}{W_m^{1,333} / MeV} W_m > 0,5 MeV \quad (4)$$

Dimana W_m adalah energi maksimum partikel. Untuk elektron-elektron pada unsur Kr^{85} , nilai W_m sama dengan 0,7 meV. Dengan demikian dapat ditemukan nilai μ_m sebagai berikut:

$$\mu_m = 35,4 \text{ cm}^2/\text{g}$$

Dengan menggunakan persamaan (3), kita dapat menulis kembali persamaan (1) dengan cara berikut:

$$\Delta I = \Delta I_0 e^{-\mu_m \cdot \rho \cdot d}$$

Atau

$$\Delta I = \Delta I_0 e^{-\mu_m \cdot m''} \quad (5)$$

Produk $m'' = r \cdot d$ dalam Persamaan (5) adalah cakupan massa, yang bermakna "massa per satuan luas" dan jelas kuantitas yang menentukan redaman aliran partikel ketika melewati lapisan bahan dengan ketebalan d .

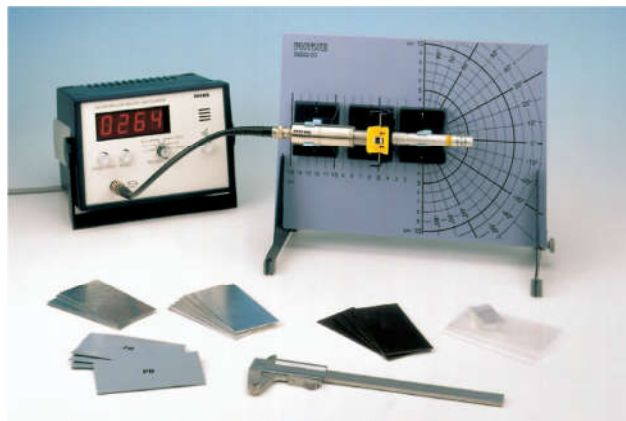
Prinsip percobaan ini adalah redaman aliran partikel elektron yang melewati lapisan material tergantung baik pada ketebalan lapisan dan cakupan massa (massa per satuan luas). Ini akan ditunjukkan bahwa fluks partikel yang terdiri dari elektron tertentu, distribusi energinya menurun dengan "massa per satuan luas". Sebagai sumber partikel elektronnya adalah menggunakan sampel radioaktif Sr^{90} .

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

1. Sumber radioaktif, Sr-90, 74 kBq	09047.53	1 buah
2. Counter Geiger-Muller	13606.99	1 buah
3. Tabung counter, tipe A, BNC	09025.11	1 buah
4. Screened cable, BNC, l = 750 mm	07542.11	1 buah
5. Stopwatch, digital, 1/100 sec	03071.01	1 buah
6. Pelat alas untuk radioaktifitas	09200.00	1 buah

7. Pendukung untuk alas	09200.01	2 buah
8. Pegangan tabung counter pada magnet tetap	09201.00	1 buah
9. Pegangan pelat pada magnet tetap	09203.00	1 buah
10. Pegangan sumber pada magnet tetap	09202.00	1 buah
11. Jangka sorong	03010.00	1 buah
12. Pelat Aluminium (Al) 22x40 mm		1 set
13. Pelat besi (Fe) 22x40 mm		1 buah
14. Pelat plumbum (Pb) 22x40 mm		1 buah
15. Pelat tembaga (Cu) 22x40 mm		1 buah
16. Pelat kaca 22x40 mm,	64688.00	1 set
17. Pelat acilic		1 set
18. Ketas buffalo warna hitam 22x40 mm		5 buah
19. Ketas ketik HVS 22x40 mm		5 buah



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan penyerapan elektron

B. Langkah Percobaan

1. Susunlah rangkaian alat percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.
2. Tempatkan pegangan pelat yang memiliki sekrup untuk menjepit berbagai bahan penyerap di antara tabung counter dan pegangan sumber.
3. Jarak antara ujung depan sumber SR90 dan tabung counter harus sekitar 25 mm.
4. Bukalah penutup plastik pada tabung counter pada saat percobaan (mengambil data).
5. Hubungkan tabung counter ke counter Geiger-Müller dengan menggunakan kabel BNC.
6. Gunakan counter Geiger-Müller untuk menghitung jumlah dan pulsa pada interval waktu yang berbeda. Untuk alasan statistik, interval waktu harus bervariasi antara 60 detik dan 900 detik.

7. Lakukan percobaan pertama dengan tanpa menggunakan material penyerap. Setelah itu, tempatkan sumber jauh dari tabung counter dan ukurlah radiasi background selama setidaknya 600 detik.
8. Ulangi percobaan dengan variasi jenis material (timbal, besi, tembaga, alumunium, kertas, gelas, mika) dan ketebalan.
9. Buatlah grafik hubungan antara I untuk masing-masing jenis material versus ketebalan material (d).
10. Hitunglah nilai koefisien redaman untuk masing-masing material.

C. Data dan Analisa

No.	Jenis Material	Ketebalan (d)	Counter (I)	μ (mm ⁻¹)
1	Tanpa material		$I_0=$	

Catatan: Gunakan persamaan (3.2) untuk menghitung besarnya nilai koefisien redaman (μ)

FM – 4

EFEK ZEEMAN DENGAN KAMERA CCD

I. TUJUAN

Tujuan dari percobaan ini adalah

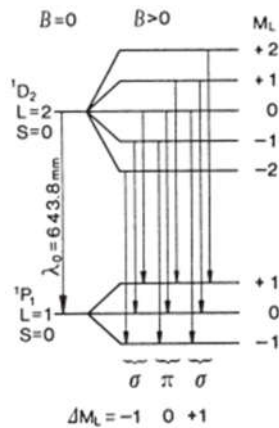
1. Menggunakan interferometer Fabry-Perot dan teleskop yang membuat split garis pusat menjadi dua garis yang terukur pada jumlah gelombang sebagai fungsi densitas fluks magnetik. *Screenshot software* digunakan untuk mengukur diameter cincin interferensi yang ditangkap oleh kamera CCD.
2. Mengevaluasi nilai magneton Bohr dari hasil poin 1.
3. Mencari sinar teremisi secara kualitatif dengan arah medan magnet.

II. DASAR TEORI

Efek zeeman merupakan pemecahan garis spektrum atom pada medan magnet. Secara sederhana, merupakan pemecahan dari satu spektrum garis ke dalam 3 komponen yang disebut (Efek Eeman Normal). Efek zeeman normal dipelajari dengan menggunakan spektrum logam Cadmium sebagai spesimennya. Spektrum Cadmium (643.8 nm), untuk mengetahui keadaan tersebut digunakan interferometer Fabry perot. Evaluasi dari hasil eksperimen ini lebih tepat menggunakan nilai magneton Bohr.

Pada awal tahun 1862, Faraday meneliti apakah spektrum dari sinar yang berwarna dapat berubah di bawah pengaruh sebuah medan magnet, namun belum ada hasilnya. Hingga pada tahun 1885, Fleves dapat membuktikan sebuah efek namun terlupakan dan ditemukan kembali 11 tahun berikutnya oleh Dutchman Zeeman, yang dipelajarinya bersama Lorentz.

Pemecahan garis spektrum Cadmium (Cd) dengan panjang gelombang $\lambda = 643.8$ nm ke dalam 3 garis, yang disebut dengan triplets Lorentz, terjadi ketika atom-Cd menunjukkan sifat sebagian sistem yang tidak mempunyai spin ($S = 0$). Ketiadaan spin S pada medan magnet memungkinkan hanya akan terjadi transisi dari D-P yang mempunyai panjang gelombang 643.8 nm, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pecahan komponen dalam medan magnet dan transisi yang diizinkan.

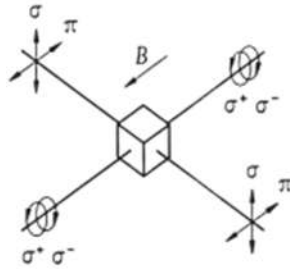
Dengan adanya medan magnet membuat tingkat energi terpecah menjadi komponen $2L + 1$. Transisi radiasi antara komponen-komponen tersebut mungkin saja terjadi, asalkan memenuhi aturan berikut:

$$M_L = +1 ; M_L = 0 ; M_L = -1$$

Oleh karena itu pada kasus ini ada 9 jenis transisi yang diperbolehkan. 9 transisi ini dapat dikelompokkan menjadi 3 grup dengan 1 grup masing-masing 3 transisi. Dimana semua transisi yang ada pada suatu grup mempunyai energi yang sama dan akibatnya mempunyai panjang gelombang yang sama juga. Oleh karena itu, hanya akan ada 3 garis saja yang tampak.

Grup pertama dimana $M_L = -1$, memberikan sebuah garis σ yang merupakan cahaya terpolarisasi vertikal terhadap medan magnet. Grup tengah, dengan $M_L = 0$ memberikan garis σ yang merupakan cahaya terpolarisasi sejajar dengan arah medan magnet. Dan grup terakhir dimana $M_L = +1$ memberikan sebuah garis π yang merupakan cahaya terpolarisasi vertikal terhadap medan magnet.

Dengan adanya suatu analiser, ketiga garis dapat dilihat secara simultan. Masing-masing lingkaran yang diamati dengan adanya medan magnet terpecah ke dalam 3 lingkaran ketika diberi medan magnet. Dengan menyisipkan analiser, dua garis σ dapat diamati secara langsung jika analiser berada pada posisi horisontal (efek zeeman transversal). Dengan memutar elektromagnet 90° cahaya datang dari lampu spektrum parallel ke arah medan yang juga dapat diamati sejak kutub magnet digerakkan. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa cahaya terpolarisasi melingkar. Bagaimanapun posisi analiser, setiap lingkaran terlihat tanpa medan magnet (efek zeeman longitudinal). Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.



Gambar 2. Efek zeeman transversal dan longitudinal.

Elektromagnetik diputar balik ke belakang untuk mengamati dua garis $-\sigma$ efek zeeman transversal dimana mudah dilihat bahwa ukuran pecahan meningkat sejalan dengan peningkatan kuat medan magnet. Untuk pengukuran kuantitatif panjang gelombang dari hasil pecahan ini, digunakan interferometer fabry perot.

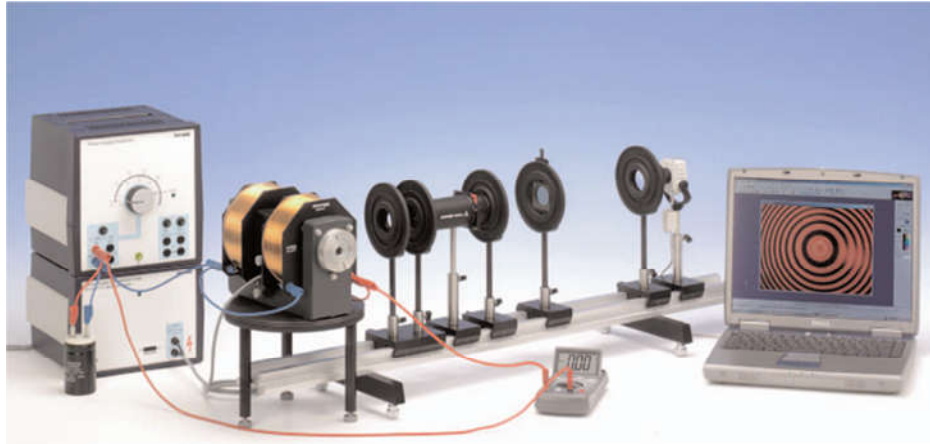
Etalon fabry-perot mempunyai resolusi sekitar 300.000 yang berarti bahwa jika terjadi pergeseran panjang gelombang sekitar 0.002 nm akan masih dapat dideteksi.

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

1. Interferometer Fabry-Perot	09050-20	1 buah
2. Lampu Cadmium untuk efek Zeeman	09050-20	1 buah
3. Electromagnet w/o pole shoes	06480-01	1 buah
4. Pole pieces, drilled, conical	06480-03	1 buah
5. Meja rotasi untuk bebabn yang berat	02077-00	1 buah
6. Power supply untuk lampu spektrum	13662-97	1 buah
7. Transfomer variabel, 25 VAC/ 20 VDC, 12 A	13531-93	1 buah
8. Kapasitor, elektrolit.,2200 μ F	06211-00	1 buah
9. DMM dengan termokopel NiCr-Ni	07122-00	1 buah
10. Bangku optik, l=1000mm	08282-00	1 buah
11. Alas untuk bangku optik, putaran	08284-00	2 buah
12. Bantalan gesr pada bangku optik, h = 30 mm	08286-01	5 buah
13. Bantalan gesr pada bangku optik, h = 80 mm	08286-02	2 buah
14. Pegangan lensa	08012-00	4 buah
15. Lensa, mounted, f+50 mm	08020-01	2 buah
16. Lensa, mounted, f+300 mm	08023-01	1 buah
17. Diafragma iris	08045-00	1 buah
18. Filter Polarisasi, pada batang	08610-00	1 buah
19. Specimen polarisasi, mika	08664-00	1 buah
20. Kabel penghubung, 32 A, 250 mm, merah	07360-01	1 buah
21. Kabel penghubung, 32 A, 250 mm, biru	07360-04	1 buah
22. Kabel penghubung, 32 A, 500 mm, merah	07361-01	1 buah
23. Kabel penghubung ,32 A, 500 mm, biru	07361-04	1 buah
24. Kabel penghubung, 32 A, 700 mm, merah	07362-01	1 buah

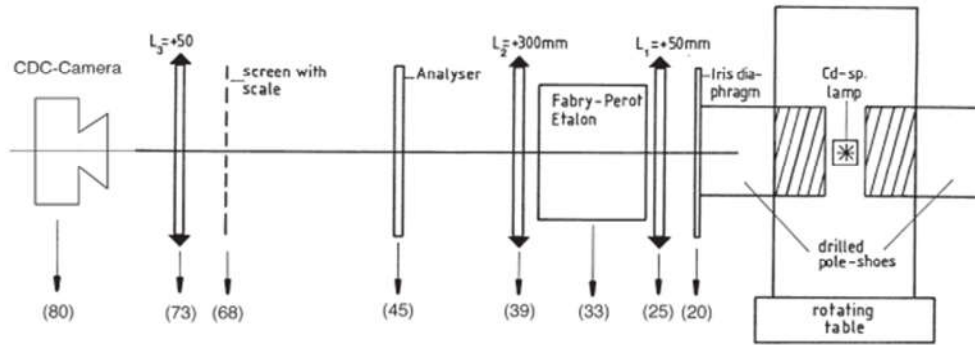
25. Kabel penghubung, 32 A, 1000 mm, merah	07363-01	1 buah
26. Kabel penghubung, 32 A, 1000 mm, biru	07363-04	1 buah
27. CCD-Camera for PC		1 buah
28. Software Measure	88037.00	1 buah
29. PC dengan interface USB		1 buah



Gambar 2. Pengaturan alat percobaan untuk Efek zeeman.

B. Langkah Percobaan

1. Susunlah alat seperti yang ditunjukkan Gambar 2.
2. Hubungkan kumparan elektromagnetik secara paralel dengan multimeter digital yang terhubung pada power supply dengan arus 20 VDC 12 A.
3. Sambungkan kapasitor 220 μF secara paralel pada output power supply untuk memperlancar tegangan DC.
4. Pada bangku optik terdapat komponen-komponen berikut dengan jarak masing-masing komponen dapat dilihat pada Gambar 3.
 - (80) CDC-Camera
 - (73) $L3 = +50$ mm
 - (68) Layar dengan skala (hanya pada versi klasik)
 - (45) Analyser
 - (39) $L2 = +300$ mm
 - (33) Fabry-Perot Etalon
 - (25) $L1 = +50$ mm
 - (20) Iris diaphragm
 - (20) Drilled pole-shoes
 Lampu spektrum Cadmium pada meja rotasi.
5. Aturilah arus kumparan kadang-kadang sampai 8 A (meningkatkan intensitas cahaya lampu cadmium) dan amatilah pola interferensi cincin pada arah aksial melalui $L3$ dengan mata.



Gambar 3. Susunan komponen optik.

5. Langkah-langkah pengukuran dan evaluasi:

- 1) Pola cincin yang tersedia telah dibuat sebagaimana dijelaskan pada bagian pengaturan di atas, jari-jari cincin harus diukur pada densitas fluks

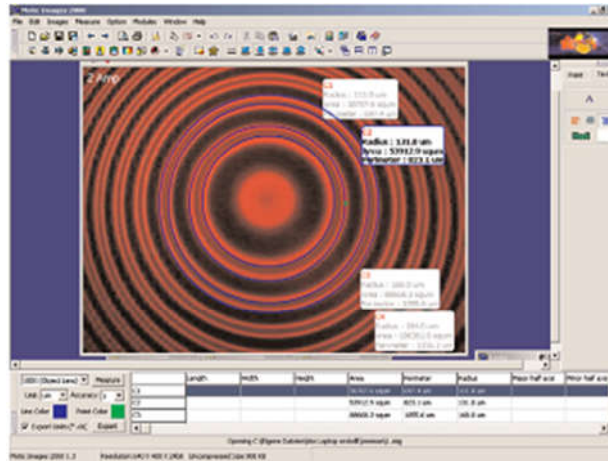
$$\Delta \nu = \frac{1}{2l} \frac{\delta}{\Delta}$$

magnetik yang berbeda-beda. Kemudian gunakan persamaan:

untuk menentukan beda jumlah gelombang (ν) yang sesuai. Kita proses dalam dua langkah: 1) ambil gambar pola cincin pada arus/intensitas medan magnet kumparan yang berbeda. Kemudian yang ke 2) ukurlah diameter cincin yang terdapat pada gambar.

- 2) Untuk memperoleh gambar yang jelas dari kamera silahkan klik menu **<File>** dan pilih **<Capture Window>**. Pada *capture window* terdapat pengaturan seperti contrast, brightness and saturation gambar yang dapat dioptimalkan via menu yang dapat diperoleh ketika memilih **<Video Capture Filter>** dari menu **<Option>**.
- 3) Ketika kualitas gambar terpenuhi dan arus kumparan tertentu ditentukan, ambillah gambar dengan memilih **<Still Image>** dari menu **<Capture>**. Langkah ini juga digunakan untuk menutup *capture window* dan tampilan gambar pada *window* utama dari aplikasi. Pada langkah ini disarankan untuk menulis nilai arus kumparan pada gambar yang diambil dengan menggunakan *tool* **<Text>**. Ini mencegeah adanya kekacauan berikutnya.
- 4) Ulangilah prosedur di atas dengan menggunakan medan magnet yang berbeda-beda misalnya, dengan arus kumparan 5 A, 6 A, 8 A dan 10 A.
- 5) Sekali gambar-gambar itu telah dikumpulkan, ukur jari-jari cincinnya dengan memilih **<Circle>** dari menu **<Measure>**. Dengan menarik mouse melintasi gambar-gambar itu, maka akan terbentuk gambar lingkaran. Cocokkan lingkaran itu dalam ukuran dan posisi sebaik mungkin untuk cincin yang paling dalam. Anda akan melihat jari-jari itu, daerah dan garis keliling lingkaran akan ditampilkan pada kotak kecil dan dalam tabel gambar berikut (bandingkan dengan Gambar 4). Apa yang ada dalam jari-jari lingkaran utama disebut dengan $r_{1,a}$.

Catatan bahwa satuan (μm , mm , cm) tidak penting dalam percobaan ini, hal ini berarti tidak ada kalibrasi kamera yang harus dilakukan. Proses menggambar dan mencocokkan ke beberapa set cincin sebagaimana yang tampak pada gambar, ini memberikan simbol; $r_{1,b}$; $r_{2,a}$; $r_{2,b}$; $r_{3,a}$ Lakukan yang sama pada gambar yang lain.



Gambar 4. Screenshot pada software yang digunakan untuk mengukur jari-jari cincin interferensi

- 6) Lakukan evaluasi pembacaan sebelumnya dengan cara yang sama pada jari-jari berikut:

$$I = 4 [A]: r_{4,b}; r_{4,a}; r_{3,b}; r_{3,a}; r_{2,b}; r_{2,a}; r_{1,b}; r_{1,a}$$

Selanjutnya evaluasi set-set jari-jari yang diterima ketika mengulang prosedur, misalnya untuk arus kumparan 5 A, 6 A, 8 A and 10 A.

- 7) Cari nilai rata-rata beda jumlah gelombang (ν) pada dua garis σ sebagai fungsi densitas fluks magnetik dan arus kumparan secara berturut-turut.

C. Tabel data Percobaan

Komponen	Jumlah cincin				
	1	2	3	4	5
a					
b					

I (A)	B (mT)	ν (m^{-1})
4		
5		
6		
8		
10		

DAFTAR PUSTAKA

Manual on PHYWE : Physics Laboratory Experiment. Jerman: PHYWE Systeme GmbH & Co. KG · D-37070 Göttingen

1. LEP 5.1.10-05: Zeeman Effect.
2. LEP 5103-15: Franck Hertz with Ne-tube
3. LEP 5.1.02-00: Specific charge of the electron – e/m
4. LEP 5.2.31-00: Electron Absorbtion (β^-).

Sistematika Laporan Praktikum

JUDUL PRAKTIKUM

- A. TUJUAN**
- B. DASAR TEORI**
- C. METODOLOGI**
 - 1.1 Alat dan Bahan
 - 1.2 Gambar Percobaan
 - 1.3 Langkah Percobaan
- D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**
 - 1.1 Data Hasil Percobaan
 - 1.2 Perhitungan
 - 1.3 Pembahasan
- E. PENUTUP**
 - 1.1 Kesimpulan
 - 1.2 Saran
- F. DAFTAR PUSTAKA**

LAMPIRAN

