

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM
EKSPERIMEN FISIKA I

SEMESTER GANJIL T.A. 2026/2027



Disusun Oleh:

NURUN NAYIROH, M.Si

LABORATORIUM FISIKA
PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah senantiasa memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penyusunan Buku Petunjuk Eksperimen Fisika I ini dapat terselesaikan dengan baik.

Diktat ini disusun sebagai buku panduan atau pegangan Eksperimen Fisika I di lingkungan Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dengan materi yang telah disesuaikan dengan materi kuliah Mekanika, Fisika Modern, Gelombang, Termodinamika dan Listrik Magnet. Buku petunjuk eksperimen ini merupakan edisi revisi ke delapan yang merupakan hasil penyempurnaan dari buku petunjuk sebelumnya ditambah dengan beberapa judul baru dan materi baru dari buku-buku bahan ajar kuliah.

Tujuan penyusunan buku petunjuk adalah untuk membantu para asisten dan mahasiswa dalam mengikuti kegiatan eksperimen 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, Dosen Pengampu dan Kepala Laboratorium Fisika beserta seluruh pihak yang telah membantu penyusunan diktat ini. Akhirnya, penyusun menyadari bahwa diktat ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk penyempurnaan diktat berikutnya.

Malang, Agustus 2026

Penyusun

KETIDAKPASTIAN DALAM PENGUKURAN

A. Definisi Ketidakpastian dalam Pengukuran

Semua pengukuran besaran fisika sudah tentu mengandung ketidakpastian. Seberapa tepat, seberapa akurat dan seberapa jauh hasil suatu pengukuran eksperimen akan dapat dipercaya, maka hal itu sangat ditentukan oleh seberapa akurat kita dapat menaksir atau memperkirakan harga ketidakpastian pengukuran tersebut. Misal, harga sebuah tahanan (*resistor*) yang diukur dengan menggunakan alat multimeter digital yang akurat adalah sebesar 20.03 ± 0.01 Ohm. Angka tersebut mempunyai arti bahwa hasil pengukuran harga tahanan yang benar diharapkan terletak diantara 20.02 Ohm hingga 20.04 Ohm. Rentang angka dimana harga yang diharapkan tersebut terletak disebut sebagai ketidakpastian (*uncertainty*) suatu pengukuran. Angka tersebut sekaligus juga menyatakan keakuratan atau ketepatan (*accuracy*) data hasil pengukuran kita. Semakin sempit rentang angka, maka semakin tepat dan akuratlah data hasil pengukuran kita, demikian juga sebaliknya.

Kita juga sering mengatakan bahwa selisih antara harga yang benar (*the true value*) dari suatu besaran dengan harga terukurnya (*the measured value*) dianggap sebagai 'kesalahan' atau error dari pengukuran yang telah dilakukan. Sebenarnya, perbedaan tersebut lebih tepat bila disebut sebagai 'deviasi' atau simpangan (*deviation*) dari pengukuran, sedangkan kata 'error' dipergunakan untuk menyatakan maksud bila kita telah melakukan suatu kesalahan pada umumnya.

Dalam banyak pengukuran, harga yang benar dari suatu besaran seringkali tidak diketahui atau bahkan mungkin tidak dapat diketahui. Sebagai contoh, untuk mengukur suatu besaran fisis tertentu yang sama, dua kelompok mahasiswa menggunakan alat dan metode eksperimen yang sama serta tingkat ketelitian kerja yang dapat dikatakan sama pula, namun ternyata mereka memperoleh hasil pengukuran yang agak berbeda satu dengan lainnya, *misal* (5.00 ± 0.02) dan (5.02 ± 0.02) . Masing-masing kelompok mengklaim bahwa 'error' yang telah mereka peroleh lebih kecil dibanding error milik kelompok lain. Untuk contoh kasus ini, yang sesungguhnya terjadi adalah kedua kelompok mahasiswa tersebut telah bekerja dengan benar, yaitu mengikuti langkah atau prosedur eksperimen secara benar, tingkat ketepatan dan ketelitian pengukuran yang dipergunakan juga sudah benar, sehingga hasil yang mereka peroleh juga benar, meski (secara tidak sengaja) mereka memperoleh harga yang sedikit berbeda satu sama lain dan itu tidak berarti bahwa kedua kelompok telah melakukan kesalahan atau error.

B. Sumber-sumber Ketidakpastian

Ada tiga sumber utama ketidakpastian pengukuran suatu eksperimen, yaitu:

1. Ketidakpastian Sistematis (*Systematic Uncertainty*)

Ketidakpastian sistemik ini terjadi karena kesalahan (*faults*) yang disebabkan dalam menggunakan alat atau, dapat berupa kesalahan yang memang sebelumnya sudah ada pada alat itu sendiri. Oleh karenanya apabila ketidakpastian itu memang terletak pada alat, kapanpun alat tersebut dipergunakan, maka alat tersebut akan memproduksi ketidakpastian yang sama pula. Yang termasuk ketidakpastian sistematis diantaranya adalah:

a. Ketidakpastian Alat (*Instrument Errors*)

Ketidakpastian ini muncul akibat dari kalibrasi skala penunjukan angka pada alat tidak tepat, sehingga pembacaan, skala menjadi tidak sesuai dengan yang seharusnya. Misal, kuat arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik tertutup seharusnya 2A, tapi harga itu selalu terukur pada Ampere meter sebagai 2.3A.

Untuk mengatasinya, maka: (1) kita kalibrasi skala alat itu sehingga penunjukkan angkanya menjadi benar, atau (2) kita ganti saja alat itu dengan alat lain yang lebih tinggi tingkat ketelitiannya.

b. Kesalahan/ketidakpastian Nol (*Zero Errors*)

Ketidakpastian pengukuran ini muncul karena angka penunjukan alat ukur tidak menunjuk ke angka NOL pada saat dipergunakan, atau hasil pengukuran alat sudah tidak nol sebelum dipakai. Cara menanggulangnya adalah pastikan bahwa skala alat ukur sudah menunjuk ke angka nol sebelum dipergunakan.

c. Waktu Respon Yang Tidak Tepat

Ketidakpastian pengukuran ini muncul akibat dari waktu pengambilan data (pengukuran) tidak bersamaan dengan saat munculnya data yang seharusnya diukur, sehingga data yang diperoleh bukanlah data yang sebenarnya diinginkan. Yang seringkali terjadi pada kegiatan praktikum adalah pengukuran baru dilakukan setelah data yang seharusnya kita ambil telah lewat dan berlalu. Misal, kita ingin mengukur suhu air pada 70°C , dan pada kegiatan praktikum yang sedang dilakukan, kita bukan mengukur suhu air yang sedang dipanaskan tepat pada suhu 70°C , melainkan pada suhu lain di atasnya, dll.

d. Kondisi Yang Tidak Sesuai (*Improper Conditions*)

Ketidakpastian ini muncul akibat kondisi alat ukur yang dipergunakan tidak sesuai dengan kondisi pengukuran yang diinginkan. Misal, sebuah penggaris yang terbuat dari bahan logam tidak pas/sesuai bila dipakai untuk mengukur panjang suatu bahan pada suhu tinggi, karena penggaris tersebut akan memuai pada suhu tinggi tersebut.

2. Ketidakpastian Random (*Random Errors*)

Ketidakpastian ini biasanya terjadi pada pengukuran besaran yang dilakukan secara berulang, sehingga hasil-hasil yang diperoleh akan bervariasi dari harga rata-ratanya. Hasil-hasil pengukuran tersebut menjadi berbeda satu sama lain karena: (i) moment tiap pengukuran yang kita lakukan memang berbeda satu dengan lainnya, atau (ii) karena ketidakpastian yang ditimbulkan oleh alat ukur, (iii) atau dari sumber-sumber ketidakpastian lain yang berkaitan dengan kegiatan pengambilan pengukuran itu sendiri.

3. Kesalahan Dari Pihak Manusia (*Human Errors*)

Tidak terampilnya kita dalam mengoperasikan/membaca alat ukur menjadi sebab munculnya ketidakpastian ini. *Misal*, pembacaan yang paralaks, salah dalam perhitungan, dll.

C. Cara Menentukan Ketidakpastian/Ralat Hasil Suatu Pengukuran.

Metode dasar berikut ini sesuai untuk diterapkan pada Praktikum di Tingkat Pertama Bersama (TPB), yaitu:

1. Ketidakpastian Untuk Pengukuran Tunggal

Pada umumnya besar ketidakpastian pengukuran tunggal ditetapkan sama dengan satu kali skala terkecil alat ukur. *Misal*, mistar pengukur panjang mempunyai skala terkecil = 0.1 mm. Bila hasil pengukuran panjang suatu benda = 12.45 mm, maka panjang benda tersebut dituliskan:

$$(12.45 \pm 0.10) \text{ mm} = (1.245 \pm 0.010) 10 \text{ mm} \\ = (1.245 \pm 0.010) 10^{-2} \text{ m}$$

dimana:

$$\begin{aligned} 1.245 \times 10^{-2} \text{ m} &= \text{Hasil pengukuran tunggal} \\ 0.010 \times 10^{-2} \text{ m} &= \text{Ketidakpastian mutlak} \\ (0.010 \times 10^{-2}) / (1.245 \times 10^{-2}) &= 0.008 = \text{Ketidakpastian relatif} \\ 0.008 \times 100\% &= 0.08\% = \text{Ketidakpastian prosen} \\ 100\% - 0.08\% &= 99.92\% = \text{Taraf ketelitian} \end{aligned}$$

2. Ketidakpastian Untuk Pengukuran Yang Berulang

Misal untuk mengukur panjang suatu benda dilakukan pengukuran sebanyak sepuluh kali dan hasilnya ditabelkan sebagai berikut:

No	X(mm)	d	d ²
1	16.9	0.3	0.09
2	16.4	0.2	0.04
3	16.7	0.1	0.01
....	16.7	0.1	0.01
9	16.5	0.2	0.04
10	16.4	0.2	0.04
Jumlah	166.0	1.2	0.22
	$X_{\text{rata-rata}} = \sum X/n$ $= 166/10$ $= 16.6$	$d_{\text{rata-rata}} = \sum d/n$ $= 1.2/10$ $= 0.12$	

Di mana

n = Jumlah pengukuran

X = Hasil pembacaan untuk tiap pengukuran

d = Deviasi atau penyimpangan, selisih antara tiap pengukuran dengan rata-rata dari seluruh pengukuran.

$d_{rata-rata}$ = Rata-rata hasil pengukuran

Hasil pengukuran tersebut di atas, ditulis sebagai:

$X = X_{rata-rata} \pm \Delta X$ dengan ΔX = ketidak-pastian mutlak.

Ada beberapa cara untuk menuliskan hasil pengukuran tersebut di atas yaitu:

a. $X_{rata-rata} = (X_{maks} + X_{min})/2 = (16.9 - 16.4)/2 = 16,65 \text{ mm}$

$$\Delta X = (X_{maks} - X_{min})/2 = (16.9 - 16.4)/2 = 0.25$$

$$\text{Jadi, } X = X_{rata-rata} \pm \Delta X$$

$$= (16.65 \pm 0.25) \text{ mm} = (1.67 \pm 0.03) 10$$

$$\text{Ketidakpastian prosen} = (0.25/16.65) \times 100\% = 1.5\%$$

$$\text{Taraf ketelitian} = 98.5\%$$

b. $X_{rata-rata} = \sum X/n = 166/10 = 16.6 \text{ mm}$

$$\Delta X = d_{maks} = 0,3 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi } X = X_{rata-rata} \pm \Delta X$$

$$= (16.6 \pm 0.3) \text{ mm}$$

$$= (1.66 \pm 0.03) 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Ketidakpastian prosen} = 0.03/1.66 \times 100\%$$

$$= 1.8\%$$

$$\text{Taraf ketelitian} = 98.2\%$$

c. $X_{rata-rata} = \sum X/n$

$$= 166/10$$

$$= 16.6 \text{ mm}$$

$$\Delta X = \text{SD (std dev)}$$

$$= \tau_{n-1}$$

$$= \sqrt{(\sum d^2)/(n-1)}$$

$$=$$

$$\sqrt{(0.22)/(10-1)} = 0.16$$

$$\text{Jadi, } X = X_{rata-rata} \pm \Delta X$$

$$= (16.60 \pm 0.16) \text{ mm}$$

$$= (1.66 \pm 0.02) 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Ketidakpastian prosen} = 0.02/1.66 \times 100\%$$

$$= 1.2\%,$$

$$\text{Taraf ketelitian} = 98.8\%$$

d. $X_{rata-rata} = \sum X/n = 166/10 = 16.6 \text{ mm}$

$$\Delta X = \text{SE (std error)} = X / [(Id^2)/(n-1)n]$$

$$= X [(0.22)^2/(10-1)10] = 0.05$$

$$\text{Jadi, } X = X_{rata-rata} \pm \Delta X = (1.6.60 \pm 0.05) \text{ mm}$$

$$= (1.660 \pm 0.005) 10^{-2} \text{m}$$

Ketidakpastian prosen	$= 0.005/1.0660 \times 100\%$
	$= 0.3\%$
Taraf ketelitian	$= 99.7\%$

D. Perhitungan Bilangan Yang Mengandung Ketidakpastian

1. Fungsi Penjumlahan dan Pengurangan

Jika $X = (x \pm \Delta x)$ dan $Y = (y \pm \Delta y)$. Ingin dihitung nilai dari fungsi $R = X \pm Y$.

Maka diperoleh $R = (r \pm \Delta r) = (x \pm \Delta x) \pm (y \pm \Delta y)$, sehingga

didapat bahwa:

$$\Delta r = \Delta x + \Delta y$$

Perhatikan: baik untuk fungsi penjumlahan ataupun pengurangan, maka Δr selalu merupakan hasil penjumlahan antara Δx dan Δy , dan bukan merupakan hasil pengurangan antara keduanya. Kenapa demikian? hal ini disebabkan karena ketidakpastian suatu fungsi senantiasa lebih besar dari ketidakpastian masing-masing komponen dari fungsi itu sendiri, dan tidak mungkin bahwa ketidakpastian akan saling meniadakan satu sama lain.

Contoh, Jika $A = B + C$ dan $D = B - C$
 dengan $B = (10 \pm 0.2) \text{ m}$ dan $C = (5.0 \pm 0.1)$
 maka $A = (15.0 \pm 0.3) \text{ m}$ dan $D = (5.0 \pm 0.3) \text{ m}$

2. Fungsi Perkalian dan Pembagian

☒ Untuk Fungsi Perkalian.

Seperti di atas, jika $X = (x \pm \Delta x)$ dan $Y = (y \pm \Delta y)$. Ingin dihitung nilai dari fungsi $R = XY$. Maka diperoleh:

$$R = (r \pm \Delta r)$$

$$= (x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y) = xy \pm y\Delta x \pm x\Delta y + \Delta x\Delta y$$

$$= xy + y\Delta x + x\Delta y + \Delta x\Delta y$$

Perhatikan sekali lagi bahwa ketidakpastian tidak mungkin saling meniadakan satu sama lain, sehingga kita bisa meniadakan tanda negatif pada persamaan di atas.

Selanjutnya, apabila perolehan di atas kita bagi dengan R dan kita abaikan hasil dari suku $\Delta x\Delta y$, maka didapat hasil sebagai berikut:

$$\Delta r/r = \Delta x/x + \Delta y/y$$

Catatan: Bila $X = (x \pm \Delta x)$ dikalikan dengan suatu bilangan konstan, maka ketidakpastian hasil perkalian tersebut adalah sama dengan ketidakpastian dari X , yaitu Δx , sebab konstanta tidak memiliki ketidakpastian sama sekali.

☒ Untuk Fungsi Pembagian

Ingin dihitung nilai dari $R = X/Y$, jika X , Y dan R masing-masing sama seperti di atas.

$$\text{Maka } R = (r \pm \Delta r)$$

$$\begin{aligned}
&= (x \pm \Delta x) / (y \pm \Delta y) \\
&= [(x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y)] / [y^2 - (\Delta y)^2] \\
&= [(x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y)] / y^2
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan prinsip yang sama seperti pada perkalian di atas, maka diperoleh,

$$\Delta r/r = \Delta x/x + \Delta y/y$$

3. Fungsi Pangkat

$$\begin{aligned}
\text{Jika } R = x^n \text{ maka } R = (x \pm \Delta x)^n &= x^n (1 \pm \Delta x/x)^n \\
&= x^n [1 \pm ((n \Delta x)/x)].
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan teorema binomial untuk harga $\Delta x/x$ yang kecil (*tidak dibahas disini*), maka diperoleh bahwa :

$$\Delta r/r = n(\Delta x/x)$$

Contoh: Jika ingin dihitung nilai dari fungsi $P = PR - D$,

$$\text{dengan } I = (200 \pm 2) \text{ mA,}$$

$$R = (5.0 \pm 0.2) \Omega,$$

$$\begin{aligned}
D &= (40 \pm 10) \text{ mW, maka } PR = (0.2)^2 \times 5 \text{ W} \\
&= 0.200 \text{ W dan } P = 0.160 \text{ W.}
\end{aligned}$$

Tahap pertama, dihitung terlebih dahulu ketidakpastian relatif dari PR, yaitu

$$\begin{aligned}
\Delta (PR)/(PR) &= \Delta (P)/P + \Delta R/R \\
&= 2 \Delta I/I + \Delta R/R \\
&= 2 (2/200) + (0.2/5) \\
&= 0.060
\end{aligned}$$

Selanjutnya, ketidakpastian mutlak dari $\Delta(PR)$ dapat ditentukan sebesar,

$$\begin{aligned}
\Delta (PR) &= 0.060 \times 0.200 \text{ W} \\
&= 0.012 \text{ W.}
\end{aligned}$$

Akhirnya, ketidakpastian mutlak dari ΔP dapat dicari, yaitu

$$\begin{aligned}
\Delta P &= \Delta (PR) + \Delta D \\
&= (0.012 + 0.010) \text{ W} \\
&= 0.022 \text{ W.}
\end{aligned}$$

Dan jawaban dari pertanyaan yang dicari adalah, $P = (0.16 \pm 0.02) \text{ W}$.

E. Angka Penting

Untuk menuliskan hasil pengukuran dari suatu kegiatan praktikum, maka kita perlu memperhatikan tata cara penulisan angka penting. Tingkat ketelitian dari suatu pengukuran akan tercermin dari jumlah angka penting yang dituliskan pada laporan praktikum kita. Angka penting atau *significant figures* adalah angka hasil perhitungan yang diperoleh dari kegiatan pengukuran dalam praktikum. Jumlah angka penting menunjukkan seberapa akurat dan seberapa teliti hasil pengukuran kita terhadap suatu besaran tertentu.

1. Beberapa Ketentuan Tentang Penulisan Angka Penting

- Jika ada tanda titik yang menyatakan desimal (di Indonesia dinyatakan dengan koma), maka angka nol atau angka bukan nol yang terletak paling kanan merupakan angka penting paling kanan.
- Jika tidak ada tanda desimal, maka angka bukan nol yang terletak paling kanan merupakan angka penting paling kanan.
- Jika ada atau tidak ada tanda desimal, maka angka bukan nol yang terletak paling kiri merupakan angka penting paling kanan.
- Angka-angka yang berada diantara angka penting paling kiri atau angka penting paling kanan merupakan angka penting.

Contoh:

Satu angka penting : 1; 1.0; 100×10^{-2} ; 0.001×10^{-3}
 Dua angka penting : 0.10×10^{-1} ; 0.010×10^2 ; 0.00010×10^4
 Tiga angka penting : 1.00; 0.100×10^1 ; 0.010×10^2
 Empat angka penting : 1234; 1.234×10^3 ; 0.1234×10^4 ; 123400
 lima angka penting : 123.000; 1.2300×10^2 ; 0.12300×10^3

2. Angka Penting Dari Hasil Pengukuran

Angka penting yang diperoleh dari hasil pengukuran terdiri dari angka pasti dan angka taksiran. Angka taksiran disebut sebagai angka yang diragukan (doubtfull figure). Makin teliti suatu pengukuran, makin banyak jumlah angka penting yang dituliskan. *Misal*, untuk mengukur panjang benda dipergunakan penggaris yang mempunyai skala terkecil mm dari hasil pengukuran, didapat:

$X = 1.25 \text{ mm} = 1.25 \times 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow 12 = \text{angka penting dan } 0.5 = \text{angka taksiran.}$

Hasil pengukuran tersebut dituliskan dengan tiga angka penting. Hasil pengukuran tersebut dituliskan,

$$X = (12.5 \pm 1.0) \text{ mm} = (12.5 \pm 1.0) \times 10^{-3} \text{ m} = (12.5 \pm 0.10) \times 10^{-2} \text{ m.}$$

Jika pada pengukuran tersebut dipergunakan mikrometer yang mempunyai skala terkecil 0.01 mm, maka hasil pengukuran akan menjadi;

$$X = (12.514 \pm 0.010) \text{ m} - (12.514 \pm 0.010) 10^{-3} \text{ m}$$

Hasil pengukuran ini ditulis dengan lima angka penting, yang terdiri dari angka pasti (12.51) dan angka taksiran (4)

3. Aturan Pembulatan Angka-angka Penting

Apabila jumlah angka penting pada suatu bilangan akan dikurangi, maka beberapa angka penting harus dihilangkan. Jika angka pertama yang dibuang adalah:

- Kurang dari lima $\Rightarrow$ tidak dibulatkan
- Lebih dari lima $\Rightarrow$ dibulatkan ke atas
- Sama dengan lima $\Rightarrow$ dibulatkan keatas jika angka sebelumnya ganjil.

Contoh, Untuk bilangan-bilangan: 1234; 1236; 1225; 1.232; 1.236; 1.2350; 1.2250; 0.9999 bila ditulis dalam tiga angka penting, maka akan menjadi: 1230; 1240 ; 1220; 1240; 1.23; 1.24; 1.22; 1.00

4. Perhitungan Angka Penting

a. Penjumlahan dan Pengurangan

Penjumlahan dan pengurangan dilakukan sampai batas kolom pertama yang mengandung angka taksiran. Angka yang digarisbawah menyatakan angka taksiran.

Contoh, 1254.298

$$\begin{array}{r} 12.0 \\ 1.234 \\ \hline 12674. \end{array}$$

b. Perkalian dan Pembagian

Jumlah angka penting dari hasil perkalian atau pembagian antara dua atau lebih bilangan, adalah satu lebih banyak dari jumlah angka penting yang dimiliki oleh bilangan-bilangan yang dikalikan atau dibagi tersebut.

$$1. 1.55 \times 72.431 \times 125.025 = 14036.31295 = 1.404 \times 10^4$$

Pada perkalian tersebut, bilangan yang mempunyai jumlah angka penting paling kecil adalah 1.55, yaitu 3 angka penting. Jadi, hasil akhir harus mempunyai jumlah angka penting $3 + 1 = 4$ angka penting.

$$\begin{aligned} 2. 41.125 \times \pi &= 41.125 \times 3.14 \\ &= 129.1325 \\ &= 129.1 = 1.291 \times 10^2 \end{aligned}$$

$$3. 3.3333/3 = 1.1111 = 1.1$$

$$4. 3.3333/3.0000 = 1.1111 = 1.11110$$

$$\begin{aligned} 5. (3 \times 10^8)/0.0001 &= 30000 \times 10^8 \\ &= 3.0 \times 10^{12} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. (35.74 \pm 0.04)/(4.02 \pm 0.01) &= 8.8905472 \pm 0.032066 \\ &= 8.890 \pm 0.032 \end{aligned}$$

Perhatikan: Anda jangan pernah terkecoh oleh penunjukan angka hasil perhitungan yang berderet-deret begitu panjangnya di kalkulator banyak hasil eksperimen sains disajikan dalam bentuk grafik. kelebihanannya, satu atau lebih parameter dapat diperoleh dari kurva mulus atau garis lurus yang ditarik (diplot) dari titik-titik yang memenuhi, sehingga bobot titik-titik pada sisi garis menjadi seimbang.

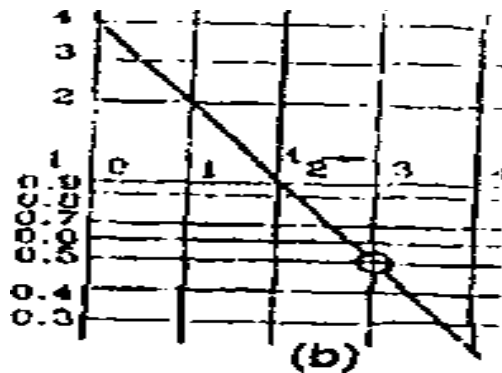
F. Pembuatan Grafik

- Tentukan skala grafik. Pilih skala sumbu yang mudah dibaca hingga grafik menempati sebagian besar halaman.
- Bila pasti hubungan berbentuk linier, cukup gunakan 5 atau 6 titik. Ingat bahwa banyak kasus yang asal mulanya juga dari sebuah titik pada grafik.
- Gunakan simbol yang berbeda untuk hasil-hasil yang berbeda (misal: O, Δ, +, x, dll.). Sebuah dot (•) saja tidak cukup dimengerti.
- Beri label/keterangan kuantitas dan satuan pada sumbu grafik dengan jelas. Cantumkan judul grafik sebagai identitas.
- Bila perlu, ketidakpastian masing-masing titik diplot ditandai dengan *error bar*

G. Cara mendapatkan Bentuk Linier/Garis Lurus

Bentuk ini cocok bila hasil eksperimen dapat diplot hingga menghasilkan garis lurus yang mudah dianalisa. Hubungan dua kuantitas dapat ditulis sebagai berikut.

1. Jika variabel terikat y , bervariasi secara linier terhadap variabel bebas x , persamaan garis lurus adalah $y = mx + c$, dimana c adalah perpotongan garis terhadap sumbu y dan m adalah kemiringan garis (slope/gradien).
2. Jika grafik y memplot x berupa kurva yang merupakan bagian dari sebuah parabola, hiperbola, eksponensial, kubik, atau lainnya, grafik tersebut dapat dipandang sebagai garis lurus dengan cara berikut.
 - a) Misal bentuk hubungan $xy=k$ (contohnya Hukum Boyle, $PV=C$). Jika y memplot x , grafiknya akan berbentuk hiperbola, tetapi bila y memplot $1/x$, akan diperoleh garis lurus dengan kemiringan garis sebesar k . Bila hubungan diperkirakan berbentuk $y=kx^2$ (parabolik), maka y harus memplot x^2 .
 - b) Bila berbentuk peluruhan eksponensial seperti isotop radioaktif, $A=A_0\exp(-0,693t/T)$ atau $\ln A = \ln A_0 - 0,693 t/T$. Dimana A dan A_0 masing-masing adalah nomor disintegrasi nuklir per satuan waktu pada saat t dan $t = 0$, sedangkan T adalah waktu paruh. Terlihat bahwa grafik A terhadap t akan berbentuk kurva seperti gambar di bawah. Tetapi grafik $\ln A$ terhadap t akan berupa garis lurus dengan kemiringan $-0,693/T$ dan berpotongan dengan sumbu $\ln A$ pada $\ln A_0$.



Gambar 1.. Grafik $\ln A$ terhadap t

TATA TERTIB PRAKTIKUM

Setiap praktikan yang melakukan Eksperimen Fisika I di Laboratorium Prodi Fisika, diwajibkan mematuhi tata tertib sebagai berikut:

1. Praktikan harus sudah siap menjalankan eksperimen 10 menit sebelum kegiatan eksperimen dimulai.
2. Pada saat melakukan eksperimen diharuskan memakai jas praktikum.
3. Setiap praktikan diharuskan membaca dengan teliti Buku Petunjuk Eksperimen dan membuat ringkasan cara kerja eksperimen (password masuk laboratorium: Judul, Tujuan, Teori, Metode Eksperimen (bahan, alat dan Langkah kerja)) yang akan dilaksanakan pada saat itu.
4. Praktikan mengerjakan pretest sebelum kegiatan eksperimen sebagai prasyarat mengikuti eksperimen.
5. Praktikan mengikuti kegiatan eksperimen sesuai dengan buku petunjuk eksperimen yang telah disediakan
6. Praktikan menyusun laporan sementara setelah mengambil data dan menganalisisnya, kemudian praktikan meminta persetujuan Asisten praktikum dan Laboran Penanggung jawab praktikum.
7. Praktikan wajib mengerjakan post test setelah selesai mengerjakan laporan sementara.
8. Praktikan mengerjakan laporan lengkap di hari yang sama pada pelaksanaan eksperimen dan dikumpulkan pada minggu berikutnya sesuai dengan jadwal praktikum.
9. Dilarang makan dan minum di dalam Laboratorium.
10. Setelah usai eksperimen setiap kelompok bertanggung jawab terhadap keutuhan dan kebersihan alat-alat dan fasilitas kemudian mengisi buku log penggunaan alat-alat praktikum.
11. Bagi praktikan yang berhalangan hadir diharuskan membuat surat ijin dan apabila sakit harus dilampiri surat keterangan dokter.
12. Ketentuan yang belum tercantum dalam tata tertib ini apabila perlu akan ditentukan kemudian.

PJ. Ekaperimen Fisika I

Nurun Nayiroh, M.Si

DAFTAR ISI

1. Sampul		1
2. Kata Pengantar		2
3. Tata Tertib		3
4. Ketidakpastian Pengukuran		4
5. Daftar Isi		13
6. EF I – 1	Muatan Elektron Spesifik -e/m	14
7. EF I – 2	Gelombang Ultrasonik Stasioner, Penentuan Panjang Gelombang	18
8. EF I – 3	Timbangan Arus: Gaya yang Bekerja pada Konduktor Pembawa Arus	22
9. EF I – 4	Viskositas Cairan Newtonian dan Non-Newtonian (<i>Rotary Viscometer</i>)	28
10. EF I – 5	Penentuan Kecepatan Suara Dalam Cairan	36
11. EF I – 6	Penyerapan Elektron (β-)	39
12. EF I – 7	Ketergantungan Resistor dan Dioda terhadap Temperatur	44
13. EF I – 8	Interferensi Gelombang Ultrasonik dengan Cermin Lloyd	49
14. EF I – 9	Impuls Induksi Menggunakan Cobra3	55
15. EF I – 10	Penyerapan Gelombang Ultrasonik Di Udara	59
16. Daftar Pustaka		63
17. Sistematika Laporan		64
18. Format Laporan Sementara		65

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:

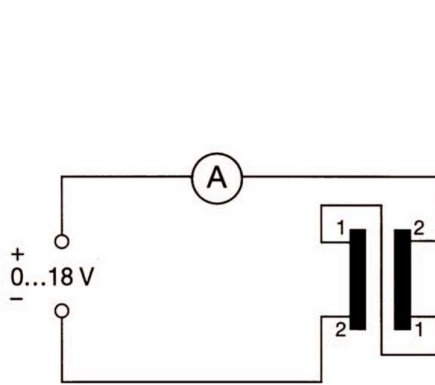
$$e \cdot U = \frac{1}{2} m_0 \cdot v^2 \quad (1)$$

di mana v merupakan kecepatan elektron.

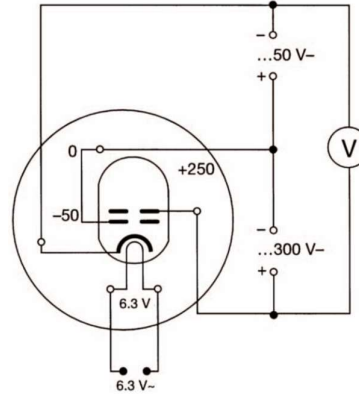
Pada sebuah medan magnet yang berkekuatan B , gaya Lorentz bekerja pada elektron dengan kecepatan v adalah

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

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 $m_0 \cdot v^2/r$, 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 = 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, $R=0,2$ m dan $n = 154$. Nilai literatur : $e/m = 1.759 \times 10^{-11}$ 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		R=0,05 m	
	I (A)	e/m_0 (Ask g^{-1})	I (A)	e/m_0 (Ask g^{-1})	I (A)	e/m_0 (Ask g^{-1})	I (A)	e/m_0 (Ask g^{-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 .

EF I – 2
GELOMBANG ULTRASONIK STASIONER,
PENENTUAN PANJANG GELOMBANG

I. TUJUAN PERCOBAAN

Tujuan dilakukan percobaan ini adalah:

1. Untuk menentukan intensitas dari gelombang berdiri pada gelombang ultrasonik dengan menggerakkan unit penerima (*receiver*) ultrasonik sepanjang arah perambatan.
2. Untuk membuat plot grafik dari nilai perhitungan sebagai fungsi jarak
3. Untuk menentukan panjang gelombang dari gelombang ultrasonik.

II. DASAR TEORI

Ketika gelombang ultrasonik menumbuk dinding yang keras, maka akan direfleksikan tanpa kehilangan gelombang. Gelombang datang dan pantul mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama. Superposisi dari tekanan gelombang bunyi yang datang p_1 dan tekanan gelombang bunyi pantul p_2 dihasilkan dari formasi gelombang berdiri $p = p_1 + p_2$ (prinsip superposisi).

Agar tidak membuat perhitungan matematisnya rumit, gelombang datar diasumsikan sebagai aproksimasi pertama, yaitu kasus nyata pada gelombang lingkaran yang amplitudonya menurun dengan nilai resiprok pada jarak ini diabaikan.

Jika d adalah jarak antara unit pemancar dan penerima ultrasonik, kemudian selama perlakuan di dalam ruang dan waktu dari tekanan suara datang $p_1(x,t)$ dan gelombang pantul $p_2(x,t)$ (lihat Gambar 1) akan didapatkan:

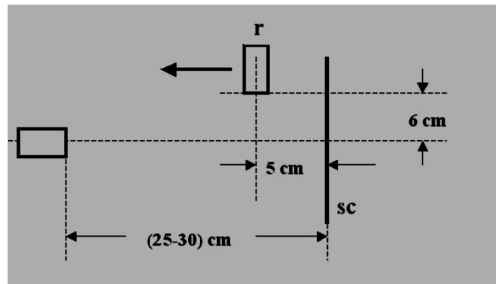
$$\begin{aligned} p_1(x,t) &= p_0 \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \\ p_2(x,t) &= p_0 \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2d-x}{\lambda} \right) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Hasil penambahan dari dua gelombang di atas adalah gelombang berdiri $p(x,t)$.

$$\begin{aligned} p(x,t) &= p_1(x,t) + p_2(x,t) \\ &= 2p_0 \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda} \right) \cos 2\pi \left(\frac{d}{\lambda} - \frac{x}{\lambda} \right) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Gelombang berdiri $p(x,t)$ periodik terhadap ruang dan waktu. Posisi yang bergantung pada tekanan suara adalah selalu maksimum ketika fungsi cosinus adalah 1, dengan kata lain ketika variasi $0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$ dst. Ini adalah keadaan yang selalu terjadi, walaupun ketika $x = d - \frac{1}{2}n\lambda$ ($n=0, 1, 2, 3, \dots$). Amplitudo tekanan suara akan menjadi maksimal pada reflektor ($x=d, n=0$), di mana selalu ada osilasi atau pergeseran tekanan node dan anti node disini. Hal ini juga menjelaskan bahwa jarak antara tekanan maksimum gelombang berdiri adalah $\lambda/2$.

Pada saat kondisi maksima, amplitudo tekanan gelombang berdiri merupakan dua kali dari gelombang tunggal. Ketika fungsi cosinus nol, kemudian amplitudo tekanan suara juga nol, maka akan terjadi osilasi tekanan anti-node atau node pada posisi ketika $x = d - 1/4(2n+1) \lambda$; $n=0, 1, 2, 3, \dots$. Jarak antara kisaran tekanan anti-node atau tekanan node adalah $\Delta x = \frac{1}{2} \lambda$.



Gambar 1. Diagram yang menunjukkan posisi komponen.
(t=transmitter, r=receiver, sc=screen)

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan Percobaan

Adapun alat-alat yang digunakan pada percobaan ini antara lain:

1. Unit ultrasonik : 1 buah
2. Power supply untuk unit ultrasonik, 5 VDC, 12 W : 1 buah
3. Transmitter ultrasonik pada gagang : 1 buah
4. Receiver ultrasonik pada gagang : 1 buah
5. Multimeter digital : 1 buah
6. Bangku optik, $l = 60$ cm : 1 buah
7. Kaki bangku optik : 2 buah
8. Bantalan geser pada bangku optik, $h=80$ mm : 1 buah
9. Bantalan geser pada bangku optik, $h=30$ mm : 2 buah
10. Alat slide/luncur (sliding device), horisontal : 1 buah
11. Lengan ayun : 1 buah
12. Layar logam, 30 cm x 30 cm : 1 buah
13. Kabel penghubung, $l=50$ cm, warna merah : 1 buah
14. Kabel penghubung, $l=50$ cm, warna biru : 1 buah



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

B. Langkah Percobaan

1. Rangkailah alat percobaan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1, amati Gambar 2 untuk ilustrasi yang lebih jelas untuk jarak antara komponennya.
2. Atur unit transmitter dan receiver dengan ketinggian yang sama. Transmitter berhadapan dengan layar, sedangkan receiver tegak lurus terhadap layar pada jarak kira-kira 5 cm dari layar.
3. Atur jarak antara transmitter dan receiver sekitar 25-30 cm.
4. Sambungkan Transmitter ultrasonik ke soket TR1 pada unit ultrasonik dan operasikan unit pada mode “Con”.
5. Sambungkan receiver ultrasonik ke soket BNC sebelah kiri (utamakan ke amplifier).
6. Sambungkan sinyal yang diterima ke keluaran analog pada multimeter digital. Untuk meyakinkan keselarasan antara sinyal masukan dan sinyal keluaran analog, hindari pengoperasian amplifier pada daerah yang tidak aman (pastikan indikator “OVL” tidak menyala).
7. Jika lampu dioda “OVL” menyala, maka kurangi amplitudo transmitter atau penguatan input.
8. Gunakan alat penggeser untuk menggerakkan receiver ke depan transmitter dengan step 0,2 mm.
9. Ukurlah tegangan U receiver pada setiap step.

C. Tabel Data Percobaan

Tabel data percobaan dibuat seperti berikut:

No.	d (mm)	U (volt)
1.		
dst..		

Buatlah plot grafik hubungan antara d (mm) dan U (Volt) dan carilah tekanan anti-node dan tekanan node dari plot tersebut. Kemudian buatlah tabel seperti di bawah ini:

No.	Tekanan anti-node (d-x)/mm	$\Delta(d-x)/\text{mm}$	Tekanan node (d-x)/mm	$\Delta(d-x)/\text{mm}$
1.				
2.				
dst				

Panjang gelombang dari gelombang berdiri (λ_{st}) didapatkan dari rata-rata nilai $\Delta(d-x)$ pada tekanan anti-node dan tekanan node. Dari hubungan $2 \lambda_{st} = \lambda$, kita akan dapatkan panjang gelombang pada gelombang berdiri (λ_{st})

TIMBANGAN ARUS: GAYA YANG BEKERJA PADA KONDUKTOR PEMBAWA ARUS

I. TUJUAN

Tujuan dilakukan percobaan ini, adalah:

1. Untuk menentukan arah gaya sebagai fungsi arus dan arah medan magnet.
2. Untuk mengukur gaya F , sebagai fungsi dari arus loop konduktor I_L , dengan induksi magnet B yang konstan dan untuk loop konduktor dengan ukuran yang bervariasi sehingga induksi magnetik dapat dihitung.
3. Untuk mengukur gaya F , sebagai fungsi arus pada kumparan I_M untuk sebuah loop konduktor. Pada batas yang telah ditentukan, induksi magnetik B , dengan akurasi yang memadai akan sebanding dengan arus kumparan I_M .

II. DASAR TEORI

Pada sebuah medan magnet dengan induksi magnet B , sebuah gaya F (Gaya Lorentz) bekerja pada pembawa muatan bergerak dengan muatan q dan kecepatan v :

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \cdot \vec{B}) \quad (1)$$

Vektor gaya F tegak lurus terhadap bidang yang ditempati oleh v dan B . Pada percobaan ini v dan B juga berada pada sudut kanan satu sama lain, sehingga hubungan yang menunjukkan nilai vektornya adalah:

$$F = q \cdot v \cdot B$$

Kecepatan dari pembawa muatan (elektron) diukur melalui arus listrik I_L di dalam konduktor. Muatan total elektron pada penampang konduktor dengan panjang ℓ dapat dirumuskan untuk q adalah:

$$q \cdot v = I_L \cdot \ell \quad (2)$$

Oleh karena itu diperoleh gaya Lorentz:

$$F = I_L \cdot \ell \cdot B \quad (3)$$

1. Pengamatan menunjukkan bahwa arah dari vektor gaya bergantung pada arah gerak elektron dan arah medan magnet.

Pada sebuah medan yang lintasannya sejajar terhadap arah rambatnya, gaya akan bekerja pada loop konduktor. Pada induksi magnet dimana $B=0$, timbangan sedikit berubah posisinya ketika arus I pada konduktor dialirkan. Pada $I_L = 5A$ perubahan pada gaya dapat diukur. Penjelasan tentang efek ini adalah bahwa dua konduktor pembawa arus saling tarik-menarik satu sama

lain. Ketika arus mengalir, keping logam yg fleksibel sedikit berubah posisinya dan dapat mempengaruhi posisi timbangan.

2. Pada dua penampang loop konduktor yang vertikal, elektron bergerak pada arah yang berlawanan, dan dua gaya bekerja padanya. Sedangkan pada penampang loop konduktor yang horizontal, dimana panjangnya ℓ yang diindikasikan pada tiap-tiap kejadian pada loop, sehingga dapat mempengaruhi pengukuran gaya Lorentz. Salah satu dari loop konduktor mempunyai dua lilitan ($n=2$), masing-masing panjangnya 50mm. Gaya Lorentz pada loop konduktor ini secara eksak ekuivalen dengan loop tunggal yang mempunyai panjang dua kali ($\ell=100\text{mm}$, $n=1$).

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada percobaan ini, antara lain:

1. Timbangan arus	11081.88	1
2. Timbangan LGN 310, pada batang	11081.01	1
3. Pole pieces, rectangular, 1 pasang	11081.02	1
4. Loop kawat, $l=12,5\text{ mm}$, $n=1$	11081.05	1
5. Loop kawat, $l=25\text{ mm}$, $n=1$	11081.06	1
6. Loop kawat, $l=50\text{ mm}$, $n=2$	11081.07	1
7. Loop kawat, $l=100\text{ mm}$, $n=1$	11081.08	1
8. Inti besi, bentuk U, berlapis	06501.00	1
9. Alas untuk inti besi	06508.00	2
10. Kumparan, 900 lilitan	06512.01	2
11. Strip logam, dengan steker	06410.00	2
12. Distributor	06024.00	1
13. Bridge rectifier, 30 V AC/1 A DC	06031.10	1
14. Saklar tombol On/off	06034.01	1
15. Power supply, universal	13500.93	1
16. Ammeter 1/5 A DC	07038.00	2
17. Alas kaki 3 –PASS-	02002.55	2
18. Stand tube	02060.00	1
19. Batang pendukung –PASS-, persegi, $l=1\text{ m}$	02028.55	1
20. Klem sudut kanan –PASS-	02040.55	1
21. Kabel penghubung, $l=100\text{ mm}$, merah	07359.01	1
22. Kabel penghubung, $l=250\text{ mm}$, hitam	07360.05	2
23. Kabel penghubung, $l=250\text{ mm}$, biru	07360.04	2
24. Kabel penghubung, $l=500\text{ mm}$, merah	07361.01	2
25. Kabel penghubung, $l=500\text{ mm}$, biru	07361.04	1
26. Kabel penghubung, $l=1000\text{ mm}$, merah	07363.01	1



Gambar 1. Rangkaian percobaan: Timbangan arus: gaya yang bekerja pada konduktor membawa arus.

B. Langkah Percobaan

Percobaan 1

1. Rangkailah alat percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.
2. Hubungkan kumparan elektromagnet secara seri lalu hubungkan ke tegangan keluaran pada power supply melalui ammeter, saklar dan *bridge rectifier*.
3. Pada dua bagian yang pertama dari percobaan ini, aturlah tegangan tetap 12 VAC dan hubungkan dengan arus I_M pada kumparan yang diukur.
4. Hubungkan loop Konduktor melalui dua strip logam yang fleksibel, pertama semuanya menuju ke distributor dan kemudian melalui ammeter menuju tegangan keluaran dari unit power supply. Jarak antara strip logam sebaiknya selebar mungkin dan melentur lurus, sehingga tidak ada gaya dari medan magnet yang bekerja.
5. Pertama, tempatkan pole besi pada elektromagnet sedemikian rupa untuk menghasilkan celah udara sekitar 4 cm.
6. Tangguhkan loop konduktor dengan $l = 25$ mm dari timbangan dengan bagian horisontal tegak lurus dengan garis-garis medan magnet.
7. Hentikan timbangan dengan tidak ada arus yang mengalir melalui konduktor, dan arus konduktor diatur sebesar $I_L = 5$ A.
8. Tentukan besarnya arah dan gaya sebagai fungsi dari arah arus dan amati dengan magnet diputar pada sumbu horisontal.

9. Tanpa medan magnet, amati posisi timbangan baik dengan dan tanpa arus yang mengalir melalui loop konduktor.
10. Dan buatlah grafik hubungan antara panjang konduktor l dan gaya Lorent F .

Percobaan 2

11. Tempatkan pole besi pada elektromagnet dengan rangkaian parallel dan dengan sebuah gap udara 1 cm.
12. Gantungkan loop konduktor yang mempunyai panjang $l=12,5$ mm pada timbangan. Bagian horizontal dari konduktor tegak lurus terhadap garis medan dan dengan mengabaikan timbangan berada di antara medan yang seragam. Arus konduktor dinaikkan dengan step 0,5 A.
13. Tentukan massa awal dari loop konduktor dengan mematikan medan magnet. Ketika medan magnet dinyalakan, ukurlah massanya dan hitung gaya Lorentz dari perbedaan antara dua pembacaan.
14. Buatlah grafik hubungan antara arus konduktor I_L dan gaya Lorentz F dengan berbagai variasi loop konduktor.

Percobaan 3

15. Buatlah pengukuran seperti pada tiga loop konduktor lainnya dengan langkah – langkah sebagaimana pada langkah poin 10-12 di atas. Bedanya dengan menggunakan loop konduktor 50 mm, $n=2$. Arus pada konduktor 5A dan arus pada kumparan divariasikan dengan menambah tegangan. Tentukan Gaya Lorentz F dari masing-masing keadaan dari pembacaan.
16. Buatlah grafik hubungan antara arus kumparan I_M dan gaya Lorentz F dengan berbagai variasi loop konduktor.

Catatan:

Jika instrumen pengukuran medan magnet tersedia, induksi magnet dapat diukur sebagai fungsi dari arus kumparan.

C. Tabel Data Percobaan

Percobaan 1

Gaya Lorentz sebagai fungsi panjang loop konduktor, dengan $I_L = 5$ A dan $I_M = 870$ mA

No.	Loop konduktor	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)	F_{eks} (N)	F_{teori} (N)
1	$l = 12,5$ mm					
2	$l = 25$ mm					
3	$l = 50$ mm					
4	$l = 100$ mm					

Percobaan 2

Loop konduktor dengan $l=12,5$ mm, $I_M= 870$ mA

No.	I_L (A)	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)	F_{eks} (N)	F_{teori} (N)
1	1					
2	2					
3	3					
4	4					
5	5					

Loop konduktor dengan $l=25$ mm, $I_M= 870$ mA

No.	I_L (A)	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)	F_{eks} (N)	F_{teori} (N)
1	1					
2	2					
3	3					
4	4					
5	5					

Loop konduktor dengan $l=50$ mm, $I_M= 870$ mA

No.	I_L (A)	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)	F_{eks} (N)	F_{teori} (N)
1	1					
2	2					
3	3					
4	4					
5	5					

Loop konduktor dengan $l=100$ mm, $I_M= 870$ mA

No.	I_L (A)	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)	F_{eks} (N)	F_{teori} (N)
1	1					
2	2					
3	3					
4	4					
5	5					

Percobaan 3

Gaya Lorentz sebagai fungsi I_M dengan loop konduktor $l=50$ mm, $n= 2$ dan

$I_L= 5$ A.

No.	I_M (mA)	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)	F_{eks} (N)	F_{teori} (N)
1	50					
2	200					
3	250					
4	350					

5	450					
6	550					
7	650					
8	870					

EF I - 4
VISKOSITAS CAIRAN NEWTONIAN DAN NON NEWTONIAN
(ROTARY VISCOMETER)

I. TUJUAN

Tujuan dilakukan percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan gradient dari kecepatan rotasi sebagai fungsi dari tegangan geser rotasi untuk dua cairan Newtonian (gliserin, cairan parafin).
2. Mengamati ketergantungan suhu dari viskositas minyak dan gliserin
3. Menentukan kurva aliran untuk cairan non Newtonian (coklat)

II. DASAR TEORI

Jika cairan berada di antara dua lempengan dan gaya F bekerja di sepanjang lempengan ke arah sumbu x , maka lempengan akan bergerak dengan kecepatan v . Untuk cairan Newtonian yang sesuai dengan komponen tegangan geser τ :

$$\tau = F/A \quad (1)$$

jika dikaitkan dengan gradien kecepatan $\frac{dv}{dx}$ maka diperoleh sebagai berikut:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dx} \quad (2)$$

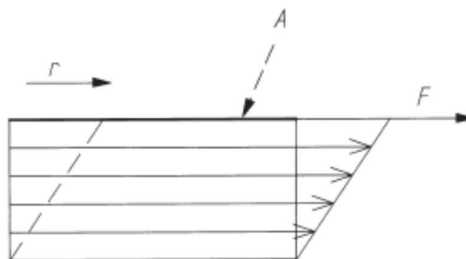
(η adalah viskositas cairan dan A daerah kontak antara lempengan dan cairan.)

Sejumlah zat (suspensi, emulsi) menunjukkan korelasi yang kompleks antara T dan integral gradien kecepatan D (cairan non-Newtonian). Histeresis juga mungkin terjadi.

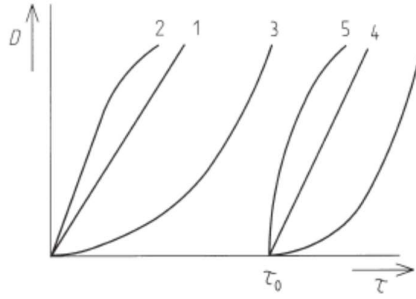
Rotary Viskometer

Sebuah *rotary viskometer* terdiri dari silinder dalam dan silinder luar. Cairan yang diamati diletakkan diantara keduanya. Pada saat kecepatan rotasi rendah, momen rotasi yang diberikan pada lapisan silinder dari cairan dengan jari-jari ketinggian h sesuai dengan hubungan berikut sebagai hasil dari rotasi silinder luar atau dalam.

$$T(r) = \tau \cdot 2\pi r h \cdot r \quad (3)$$



Gambar 1. Gradien kecepatan dan tegangan geser.



Gambar 2. Kekentalan dan aliran plastis dari zat yang berbeda:

1. Cairan Newtonian (kental murni)
2. Cairan Dilatani
3. Cairan Psedoplastik
4. Cairan Bingham (plastik murni)
5. Cairan Quasiplastik

Tegangan geser dapat dinyatakan dengan momen rotasi terukur sebagai berikut:

$$\tau(r) = \frac{T}{2\pi r^2 h} \quad (4)$$

Dalam kasus ini, gradien kecepatan D adalah sebagai berikut:

$$D(r) = r \, d\omega/dr \quad (5)$$

ω adalah kecepatan sudut

Untuk cairan Newtonian persamaan (2) dan persamaan (3) dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (1). Integral dengan kondisi limit sebagai berikut:

$$\omega = 0 \text{ untuk } r = R_1$$

$$\omega = f \text{ untuk } r = R_2$$

(R_1 dan R_2 adalah jari-jari dari dua silinder) memberikan hubungan antara momen rotasi terukur dan kecepatan sudut:

$$T = \frac{4\pi R_1^2 R_2^2 h}{R_2^2 - R_1^2} \eta f = C \eta f \quad (6)$$

Dimana C adalah perangkat konstan.

Pernyataan di atas harus dikoreksi terlebih dahulu karena efek tepi sehingga C menjadi sebuah konstanta yang empiris.

Hal ini biasanya menggunakan tegangan geser rata-rata yang bekerja pada permukaan dua silinder (2), yang mana diperoleh dari rata-rata geometris atau aritmatika dari tegangan geser berikut:

$$\tau_{ma} = T \frac{R_1^2 + R_2^2}{4\pi h R_1^2 - R_2^2} \quad (7)$$

Atau

$$\tau_{ma} = T \frac{1}{2\pi R_1 R_2 h} \quad (8)$$

Dengan menggunakan persamaan (4) akan diperoleh D sebagai berikut:

$$D_{ma} = \frac{R_2^2 + R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot f \quad (9)$$

Atau

$$D_{mg} = \frac{2R_1 + R_2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot f \quad (10)$$

Untuk cairan non-Newtonian, T tidak lagi berbanding lurus dengan f atau τ juga tidak sebanding dengan D . Ada pendekatan rumus yang menggambarkan hubungan antara T dan τ dan antara D dan f .

Untuk beberapa cairan, viskositas berubah secara eksponensial dengan temperatur T_{abs} :

$$\eta = A e^{b/T_{abs}} \quad (\text{Andrage}) \quad (11)$$

Atau

$$\text{Log } \eta = \frac{T_{abs} + b}{T_{abs} + c} \quad (\text{Vogel}) \quad (12)$$

Pada suhu 303 K viskositas glyserin dihitung menjadi:

$$\eta = 680 \text{ cP}$$

Data percobaan viskositas Glyserin menunjukkan:

$$\eta_{293} = 1499 \text{ cP}$$

$$\eta_{303} = 624 \text{ cP}$$

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

1. Rotary viscometer	18221.93	1 buah
2. Alas pendukung –PASS-	02005.55	1 buah
3. Batang pendukung, baja stainless, $l = 500\text{mm}$	02032.00	1 buah
4. Klem sudut kanan	37697.00	1 buah
5. Magnetic heating stirrer	35720.93	1 buah
6. Pengontrol temperatur elektronik	35721.00	1 buah
7. Bar magnetic stirrer, $l = 30\text{mm}$	46299.02	1 buah
8. Separator untuk bar magnetik	35680.03	1 buah
9. Glass beaker, 600ml, pendek	36015.00	3 buah
10. Glass beaker, 250ml, tinggi	36004.00	2 buah
11. Batang kaca, $l = 200 \text{ mm}$, $d = 5\text{mm}$	40485.03	2 buah
12. Gliserol, 250ml	30084.25	2 buah

13. Cairan parafin, 250ml	30180.25	1 buah
14. Castor oil, 250ml	31799.27	2 buah
15. Acetone, kimia, murni, 250ml	30004.25	3 buah



Gambar 3. Rangkaian alat percobaan Viskositas Newtonian dan non Newtonian

B. Langkah Percobaan

Adapun langkah kerja pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Aturlah alat percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.
2. Tempatkan alat *rotary viscometer* sampai persis posisinya vertikal, gunakan sekrup putar yang berada pada dasar *support stand* untuk melakukan hal ini. Ada kotak level di viskometer yang digunakan untuk memeriksa ketepatan penyesuaian pengaturan itu.
3. Turunkan viskometer sampai ke permukaan cairan tepat mencapai tanda kalibrasi bodi *rotary*.
4. Aduk cairan viskositas dengan kecepatan rendah sekaligus panaskan dengan suhu pengukuran yang diinginkan dengan bantuan pengaduk magnet dan aduk batang magnet agar cepat mencapai distribusi panas yang seragam. Suhu sebaiknya selalu diukur di sekitar silinder *immersion*.
5. Setelah suhu percobaan telah tercapai matikan pemanas. Suhu harus tetap konstan selama beberapa menit sebelum pengukuran dimulai,

karena *sillinder immersion* harus dalam kesetimbangan termal dengan cairan.

6. Ketika kesetimbangan termal telah tercapai, matikan pengaduk magnetik dan tentukan viskositas cairan.
7. Setelah melakukan pengukuran, bersihkan selalu bar viskometer dan *sillinder* putar dengan hati-hati dengan air atau aseton.
8. Untuk Gliserin dan cairan parafin, tentukan ketergantungan momen rotasi terhadap frekuensi dalam rentang antara 0,1 Hz dan 1,0 Hz.
9. Untuk gliserin dan oli, tentukan ketergantungan viskositas terhadap frekuensi dalam kisaran suhu antara 290 K dan 350 K.
10. Untuk cairan cokelat, tentukan ketergantungan momen rotasi terhadap frekuensi dalam rentang antara 0,1 Hz dan 1,0 Hz pada suhu sekitar 303 K. Bahan lainnya yang sesuai untuk percobaan adalah bahan newtonian: minyak, etilen glikol, dll dan cairan non-Newtonian: cat, sirup, pelumas, cokelat cair, dll.

C. Tabel Data Percobaan

Minyak oli

Suhu (°C)	kecepatan	faktor	<i>Deal reading</i>	Viskositas
30				
40				
50				
60				
70				
80				

Gliserin

Suhu (°C)	kecepatan	faktor	<i>Deal reading</i>	Viskositas
30				
40				
50				
60				
70				
80				

Cairan parafin

Suhu (°C)	kecepatan	faktor	<i>Deal reading</i>	Viskositas
30				
40				
50				
60				
70				

80				
----	--	--	--	--

Castor oil

Suhu (°C)	kecepatan	faktor	Deal reading	Viskositas
30				
40				
50				
60				
70				
80				

Minyak zaitun

Suhu (°C)	kecepatan	faktor	Deal reading	Viskositas
30				
40				
50				
60				
70				
80				

Sirup

Suhu (°C)	kecepatan	faktor	Deal reading	Viskositas
30				
40				
50				
60				
70				
80				

Gliserin dan paraffin (suhu kamar)

Gliserin	Viskositas	Momen rotasi τ (Nm)	Parafin	Viskositas	Momen rotasi τ (Nm)
0,1 Hz			0,1 Hz		
0,3 Hz			0,3 Hz		
0,5 Hz			0,5 Hz		
0,7 Hz			0,7 Hz		
1,0 Hz			1,0 Hz		

Gliserin dan oli (variasi frekuensi)

Gliserin	Frekuensi = 0,1 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			

310			
320			
330			
340			
350			

Gliserin	Frekuensi = 0,3 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			

Gliserin	Frekuensi = 0,7 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			

Gliserin	Frekuensi = 1,0 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			

Oli	Frekuensi = 0,1 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			

350			
-----	--	--	--

Oli	Frekuensi = 0,3 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			

Oli	Frekuensi = 0,7 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			

Gliserin	Frekuensi = 1,0 Hz		
Suhu (K)	Deal reading	faktor	viskositas
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			

Sirup (suhu 303 K)

Gliserin	Viskositas (mpa.s)	Momen rotasi τ (Nm)
0,1 Hz		
0,3 Hz		
0,5 Hz		
0,7 Hz		
1,0 Hz		

EF I – 5

PENENTUAN KECEPATAN SUARA DALAM CAIRAN

I. TUJUAN

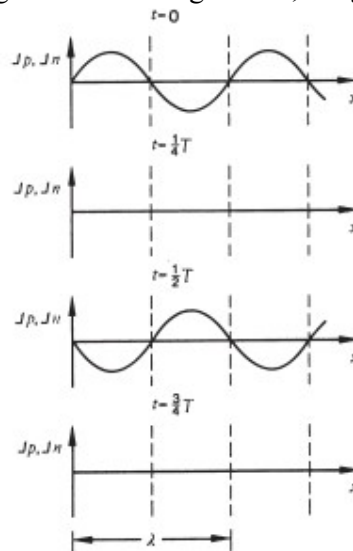
Tujuan dari percobaan ini adalah

1. Untuk menentukan panjang gelombang suara dalam cairan,
2. Untuk menghitung kecepatan suara, dari struktur gambar yang terproyeksi secara sentral.

II. DASAR TEORI

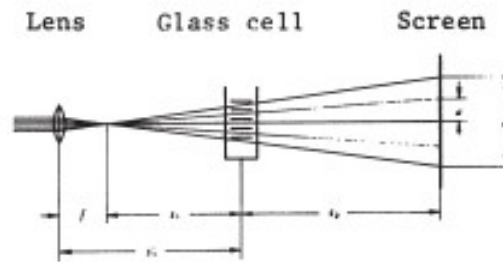
Gambar 1 menunjukkan hubungan antara variasi tekanan suara Δp dan lokasi x untuk empat fase gelombang stasioner. Indeks bias cairan juga berubah karena variasi tekanan, dan perubahan indeks bias Δn dapat dianggap sebanding dengan variasi tekanan Δp .

Dalam fase $t = 0$ dan $t = T$ (di mana T adalah periode getaran), terjadi interferensi frinji yang terdefinisi dengan baik, dengan jarak pisah $\lambda / 2$.



Gambar 1. Distribusi yang terlokalisasi terhadap perubahan tekanan atau indeks bias untuk empat fase gelombang stasioner.

Cahaya yang melewati cairan dibelokkan ke dalam node (simpul) getaran pada daerah di mana ada variasi indeks bias lokal yang besar, sedangkan di daerah antinode hampir tidak dibelokkan sama sekali. Node getaran muncul sebagai pita gelap dan antinodes sebagai pita terang di pusat proyeksi.



Gambar 2. Alur sinar di pusat proyeksi.

Fase $t = \frac{1}{4} T$ dan $t = \frac{3}{4} T$, di mana cahaya menerobos cairan tidak dibelokkan, hanya menyebabkan gambar yang diproyeksikan menjadi terang.

Jarak interferensi frinji ($\lambda/2$), dan oleh karena itu panjang gelombang λ , dapat diukur dari tinggi gambar d yang terproyeksi dan jumlah frinji N yang ada, menggunakan persamaan

$$\lambda = 2\alpha \frac{s_1}{s_1 + s_2} \quad \text{dimana} \quad \alpha = \frac{d}{N+1}$$

Kecepatan rambat suara diperoleh dari

$$c = \lambda \cdot f$$

di mana f adalah frekuensi ultrasonik.

Tabel 1. Hubungan antara suhu dan kecepatan suara:

Liquid	$\frac{\partial}{^\circ\text{C}}$	$\frac{c}{\text{m/s}}$	$\frac{\Delta c}{\Delta \partial}$ m/s $^\circ\text{C}$	Source
Glycerol*	20	1923	-1.8	*
	25	1904	-2.2	**
Ethanol	20	1180	-3.6	*
	25	1207	-4	**
Water (Dist).	25	1497	+2.5	*
	25	1498	+2.4	**

*Sebagai gliserol adalah higroskopik, nilai yang lebih kecil sering ditemukan untuk gliserol yang telah diizinkan untuk berdiri.

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

1. Generator ultrasonik	13920.99	1 buah
2. Laser, He-Ne 1.0 mW, 230 V AC	08181.93	1 buah
3. Sel kaca, 150 x 55 x 100 mm	03504.00	1 buah
4. Pegangan lensa	08012.00	1 buah
5. Lensa, $f = +20$ mm	08018.01	1 buah
6. Layar, logam, 300 x 300 mm	08062.00	1 buah
7. Bangku optik, $l = 1000$ mm	08282.00	1 buah
8. Alas untuk bangku optik, putaran	08284.00	2 buah
9. Bantalan geser pada bangku optik, $h = 80$ mm	08286.02	1 buah
10. Bantalan geser pada bangku optik, $h = 30$ mm	08286.01	3 buah
11. Lengan ayun	08256.00	1 buah
12. Meja atas pada batang, 18.5 x 11 cm	08060.00	1 buah
13. Termometer -10...+30 °C	05949.00	1 buah
14. Klem sudut kanan-PASS-	02040.55	1 buah
15. Batang pendukung, $l = 250$ mm	02031.00	1 buah
16. Klem universal	37715.00	1 buah
17. Gliserol, 250 ml	30084.25	3 buah
18. Air destilasi, 5 l	31246.81	1 buah



Gambar 3. Pengaturan percobaan untuk pengukuran interferensi.

B. Langkah Percobaan

1. Susunlah alat percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.
2. Isilah sel kaca dengan cairan 2/3 dari isi penuh sel, dan rendam kepala suara di dalamnya sampai kedalaman beberapa milimeter, dengan muka suara sejajar dengan bagian bawah sel.
3. Perbesar sinar laser menggunakan lensa dengan panjang fokus +20 mm. Jarak lensa kira-kira 0-20 cm dari sel, layar proyeksi sekitar 50 cm, dari

sel. Sesuaikan Laser dan lensa sehingga sinar dapat melintasi cairan di antara kepala suara dan bagian bawah sel.

4. Gunakan frekuensi suara ultrasonik sebesar 800 kHz.
5. Lakukan percobaan di ruangan semi-gelap.
6. Dengan amplitudo generator pada pengaturan medium, sesuaikan kedalaman perendaman kepala suara untuk menghasilkan sebuah sistem pita terang dan gelap yang terdefinisi dengan baik pada gambar terproyeksi.
7. Hilangkan setiap gelembung gas yang terbentuk di permukaan kepala suara dan dinding sel dengan menggunakan sebuah batang.
8. Tentukan jarak antar pita (d) untuk berbagai cairan dan ukur suhu cairan dalam setiap kasus.
9. Dari poin 7 tentukan panjang gelombang dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = 2\alpha \frac{s_1}{s_1 + s_1} \quad \text{dimana} \quad \alpha = \frac{d}{N+1}$$

dan hitung kecepatan suaranya menggunakan persamaan berikut

$$c = \lambda \cdot f$$

C. Tabel Data Percobaan

No.	Jenis cairan	N	d (mm)	α (mm)	λ (mm)	c (m/s)	Δc (m/s)
1	Air destilasi						
2	Alcohol (etanol)						
3	Gliserol						
4	Larutan garam (jenuh)						

EF I – 6

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 (ΔI) sebanding dengan laju perhitungan yang ditunjukkan oleh counter Geiger Muller. Jika ΔI_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 ΔI sebagai jumlah partikel yang masuk tabung counter per satuan waktu memiliki rumus sebagai berikut:

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

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

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

Plot ΔI versus d memungkinkan untuk mengukur koefisien redaman pada perbedaan 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

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

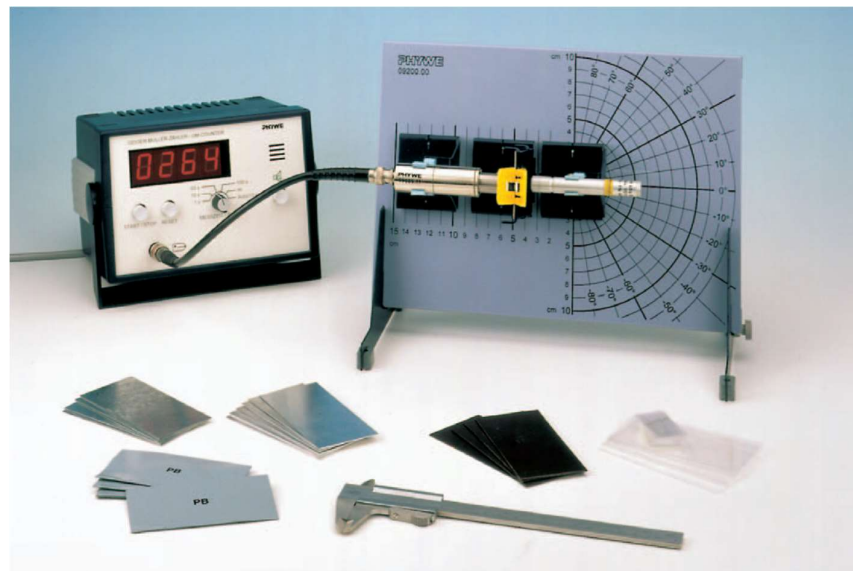
Produk $m'' = \rho \cdot d$ dalam Persamaan (5) adalah cakupan massa, yang bermakna "massa per satuan luas" dan jelas kuantitas yang menentukan redaman aliran partikel ketika melewati lapisan bahan dengan ketebalan d .

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 Alumunium (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 aclairic		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

A. 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, aluminium, kertas, gelas, mika) dan ketebalan.
9. Buatlah grafik hubungan antara ΔI untuk masing-masing jenis material versus ketebalan material (d).
10. Hitunglah nilai koefisien redaman untuk masing-masing material.

B. Data dan Analisa

No.	Jenis Material	Ketebalan (d)	Counter (ΔI)	μ (mm^{-1})
1	Tanpa material		$\Delta I_0 =$	

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

KETERGANTUNGAN RESISTOR DAN DIODA TERHADAP TEMPERATUR

I. TUJUAN

Tujuan dari percobaan ini adalah:

1. Mengukur resistansi pada komponen listrik yang berbeda yang bergantung pada temperatur.
2. Mengukur tegangan konduksi pada dioda semikonduktor yang bergantung pada temperatur.
3. Mengukur tegangan dalam efek zener dan avalans yang bergantung pada temperatur.

II. DASAR TEORI

Pada rentang temperatur terbatas, perubahan resistensi pada komponen listrik dapat diasumsikan menjadi linear. Dalam hal ini, rumus umum untuk ketergantungan resistansi terhadap temperatur adalah valid.

$$R(T) = R_{30} + R_{10} \cdot \alpha \cdot (T - 20^{\circ}\text{C})$$

Dimana $R(T)$ = resistansi pada temperatur T

R_{20} = resistansi pada temperatur 20°C

α = koefisien temperatur

T = temperatur pada waktu pengukuran

Dengan menyusun kembali dan mensubstitusi nilai-nilai yang terukur koefisien temperatur dapat ditentukan dengan menggunakan rumus.

1. Pada kawat tembaga bagian elektron bebas dalam uap elektron, yang mana berkontribusi untuk transportasi muatan, menjadi lebih pendek dengan meningkatnya temperatur. Perubahan resistansi dapat terlihat secara jelas: resistansi meningkat. Hasilnya adalah koefisien temperatur bernilai positif.

$$\alpha_{\text{Cu}} = 5.3 \cdot 10^{-3}/\text{K}$$

Resistansi kawat CuNi mendekati konstan diatas range yang terukur. Hal ini sesuai dengan aturan Mathies, yang mana menyatakan bahwa $R_{\text{tot}} = R_{20} + R(T)$. Perubahan resistansi terhadap temperatur sangat kecil pada range temperatur yang terukur. Akibatnya, resistansi mutlak (R_{20}) adalah dominan. Eksperimen ini memberikan koefisien temperatur bernilai negatif yaitu

$$\alpha_{\text{CuNi}} = -1.4 \cdot 10^{-4}/\text{K}$$

Pada resistor lapisan karbon, resistansi mutlak sangat tinggi pada awalnya. Perubahan terhadap temperatur, seperti halnya dengan CuNi, kecil dan secara praktis tidak berpengaruh. Hasil koefisien temperaturnya negatif

$$\alpha_C = -2.3 \cdot 10^{-3}/K$$

Resistor lapisan logam juga memiliki resistansi mutlak yang relatif tinggi pada temperatur 20°C. Dan perubahan pada range temperatur yang terukur lebih rendah daripada karbon. Oleh karena itu, koefisien temperaturnya mendekati nol.

$$\alpha_{\text{metal}} \rightarrow 0$$

Dua resistor NTC dan PTC mengandung alloy. Berdasarkan komposisinya, perubahan resistansinya besar dapat terealisasi pada range temperatur yang kecil. Kurva yang tercatat pada eksperimen ini tidak bisa lagi dianggap linear. Mereka hanya berfungsi untuk menggambarkan perilaku resistor NTC dan PTC.

Nilai-nilai literatur:

$$\alpha_{\text{Cu}} = 4.3 \cdot 10^{-3}/K$$

$$\alpha_{\text{CuNi}} = -3.0 \cdot 10^{-3}/K$$

$$\alpha_C = -2.4 \cdot 10^{-4}/K$$

$$\alpha_{\text{metal}} = \pm 0.50 \cdot 10^{-6}/K$$

$$\alpha_{\text{NTC}} = -6.15\% /K$$

$$\alpha_{\text{PTC}} = 20\% /K$$

Nilai untuk PTC ini berlaku di wilayah curam dari garis karakteristik.

2. Pada semikonduktor jumlah pembawa muatan dan densitas pembawa muatan meningkat dengan meningkatnya temperatur (penghasil pembawa muatan, bentuk pasangan elektron-hole). Dari hukum

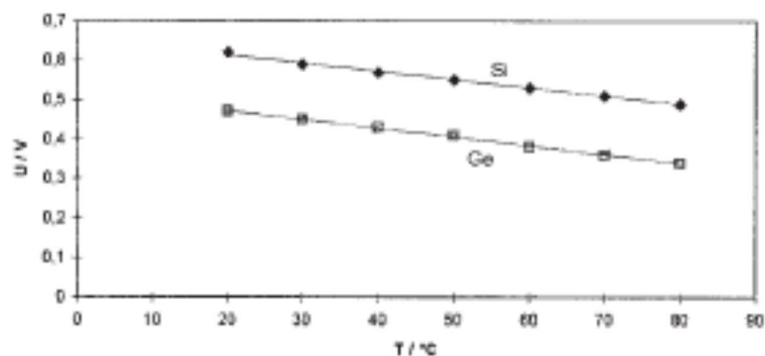
$$\sigma = e \cdot n \cdot \mu$$

Dimana σ = konduktivitas intrinsik

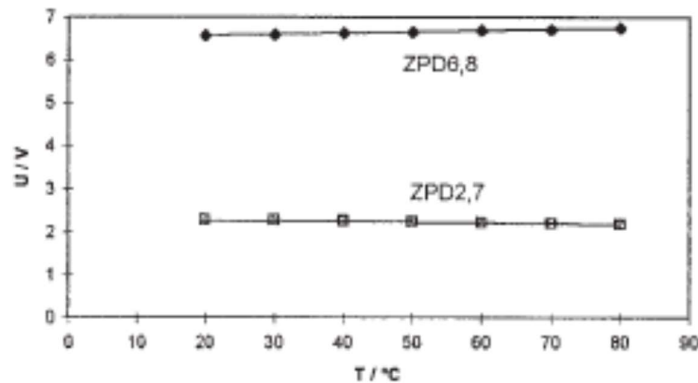
e = muatan elementer

n = densitas pembawa muatan

μ = mobilitas



Gambar 1. Diagram resistansi



Gambar 2. Diagram untuk semikonduktor Si dan Ge

Kita dapat melihat konduktivitas intrinsik dari semikonduktor demikian meningkat. mobilitas memang menurun dengan meningkatnya temperatur, tetapi peningkatan densitas pembawa muatan mengkompensasi efek ini. Penurunan yang pasti pada resistansi dapat teramati, hal ini memungkinkan kita untuk menyimpulkan bahwa ada koefisien temperatur yang negatif. Melalui perhitungan dengan rumus tersebut di atas untuk ketergantungan temperatur, disusun kembali untuk tegangan U_p , berikut ini nilai-nilai yang diperoleh.

$$\alpha_{Si} = -3.4 \cdot 10^{-3}/K$$

$$\alpha_{Ge} = -4.6 \cdot 10^{-3}/K$$

3. Pada tegangan rendah, sekitar 3 V, gangguan Zener terjadi pada dioda Z. Sebagai hasil dari medan listrik yang kuat, pasangan elektron-hole secara spontan dihasilkan dalam shell elektron inner pada zona lapisan penghalang. Di bawah pengaruh medan pembawa muatan, mereka menyeberangi lapisan penghalang. Temperatur yang tinggi meningkatkan energi pada ikatan pembawa muatan. Akibatnya, efek Zener dapat terjadi pada tegangan yang lebih rendah. Pada efek avalanche (longsoran), pembawa muatan dipercepat oleh medan listrik hingga ke tingkat yang besar dimana mereka pada akhirnya melepaskan pembawa muatan yang lain bertabrakan dengan atom-atom yang lain, yang pada akhirnya akan dipercepat. Semakin tinggi temperatur maka akan semakin pendek jalur bebasnya, sehingga tegangan menjadi meningkat dengan kenaikan temperatur untuk terus melepaskan pembawa muatan. Dari perhitungan, diperoleh hasil nilai-nilai sebagai berikut:

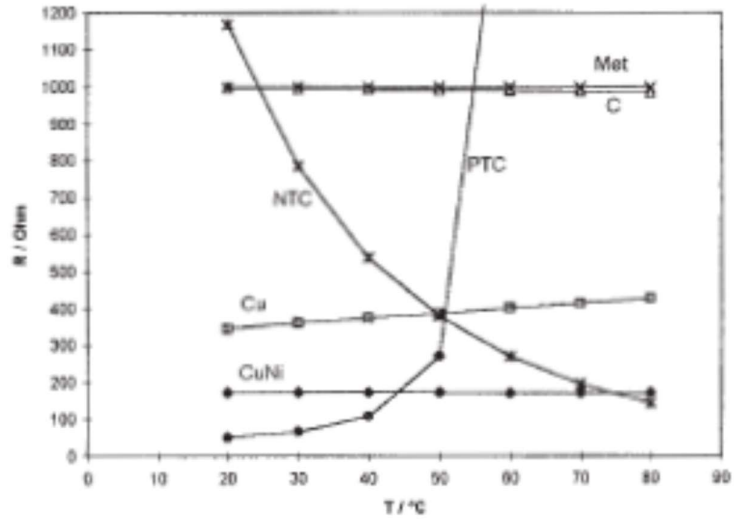
$$\alpha_{ZPD2,7} = -7.3 \cdot 10^{-4}/K$$

$$\alpha_{ZPD2,8} = -4.6 \cdot 10^{-3}/K$$

Nilai-nilai literatur:

$$\alpha_{ZPD2,7} = -9....-4 \cdot 10^{-4}/K$$

$$\alpha_{ZPD6,8} = +2....+7 \cdot 10^{-3}/K$$

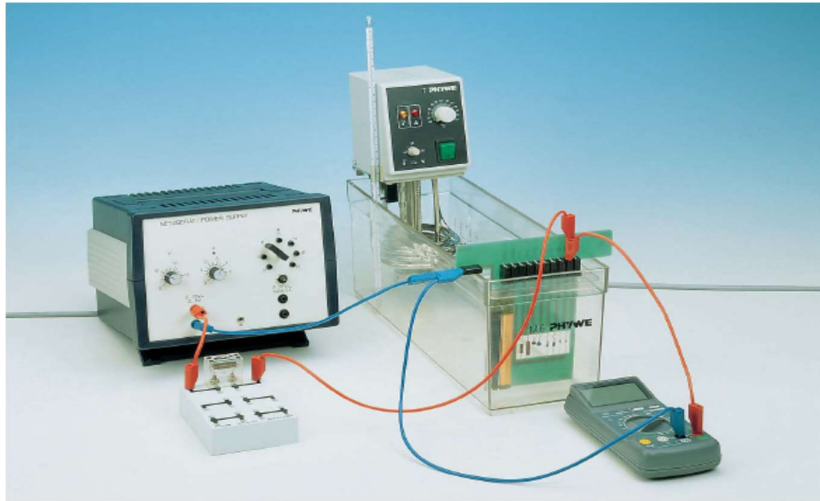


Gambar 3. Diagram resistansi

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan

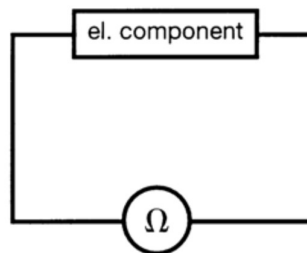
1. Immersion probe untuk temperatur Tc	07163.00	1 buah
2. Immersion thermostat TC	08492.93	1 buah
3. Wadah untuk thermostat, Makrolon	08487.02	1 buah
4. Satu set asesoris untuk TC	08492.01	1 buah
5. Multimeter digital	07134.00	1 buah
6. Power supply 0-12 V DC/6 V, 12 V AC	13505.93	1 buah
7. Resistor carbon PEK 1 W 5% 4.7 kΩ	39104.27	1 buah
8. Kotak penghubung	06030.23	1 buah
9. Kabel penghubung, l = 500 mm, biru	07361.04	1 buah
10. Kabel penghubung, l = 750 mm, merah	07362.01	2 buah
11. Kabel penghubung, l = 750 mm, biru	07362.04	2 buah



Gambar 4. Rangkaian alat percobaan.

B. Langkah Percobaan

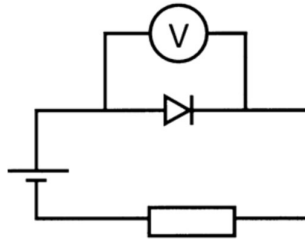
1. Rangkailah alat percobaan seperti pada Gambar 4.
2. Letakkan rangkaian immersion probe yang terbungkus oleh plastik kedap air ke dalam wadah air.
3. Ukurlah secara langsung nilai resistansi dari PTC, NTC, lapisan tipis (film) logam dan resistor film karbon, dan juga resistor kabel Cu dan CuNi dengan multimeter digital (diagram rangkaian, Gambar 5). Untuk melakukan langkah ini, sambungkan multimeter ke colokan ground, yang mana telah tersambungkan ke semua komponen, dan colokan ditempatkan di bawah tanda yang sesuai dengan komponen masing-masing.
4. Catat nilai resistansi yang berbeda dan plot sebagai fungsi temperatur.



Gambar 5. Diagram rangkaian

5. Untuk mengukur tegangan dioda semikonduktor, hubungkan dioda tersebut pada tegangan 10 V. Hubungkan resistor 4.7 Ω dengan komponen secara seri.

6. Atur tegangan 10 V pada power supply universal, dan sesuaikan pembatas arus ke nilai maksimumnya. Ukur tegangan paralel untuk komponen. Catat tegangan konduksi sesuai dengan temperatur tegangan masing-masing.
7. Ukurlah juga tegangan blok pada efek Zener dan efek avalanche (longsor) dengan susunan rangkaian seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram rangkaian untuk mengukur tegangan blok pada efek Zener dan efek avalanche

C. Tabel Data Percobaan

No.	T (K)	R (Ohm)					
		PTC	NTC	Metal	C	Cu	CuNi

No.	T (K)	V (volt)			
		$Z_{(2,7)}$	$Z_{(6,8)}$	Si	Ge

INTERFERENSI GELOMBANG ULTRASONIK DENGAN CERMIN LLOYD

I. TUJUAN

Tujuan dilakukan percobaan ini, adalah:

1. Untuk merekam tegangan reflektor U pada setiap step percobaan. Alat geser digunakan untuk menggerakkan layar reflektor yang diposisikan sejajar dengan garis hubung antara *transmitter* dan *receiver* yang sejajar terhadap dirinya dengan step $(0,5 - 1)$ mm..
2. Untuk menentukan nilai d pada variasi maksimum dan minimum dari grafik $U = U(d)$ dan dibandingkan dengan nilai ekspektasi secara teoritis.

II. DASAR TEORI

Gambar 4 menunjukkan bagian paket parsial dari gelombang suara yang dipancarkan oleh *transmitter* yang mana berinterferensi antara yang satu dengan yang lain pada *receiver*. Bagian gelombang itu mencapai *receiver* secara langsung, dimana bagian yang kedua adalah yang pertama kali direfleksikan oleh layar logam. Berdasarkan perbedaan panjang dua bagian paket, maka akan terjadi interferensi baik konstruktif ataupun destruktif. Dengan jarak yang konstan antara *transmitter* dan *receiver*, perbedaan panjang Δ (dan dengan kondisi interferensi ini) adalah fungsi dari jarak d pada reflektor dari sumbu tengah (lihat Gambar 4).

Persamaan berikut ini adalah valid:

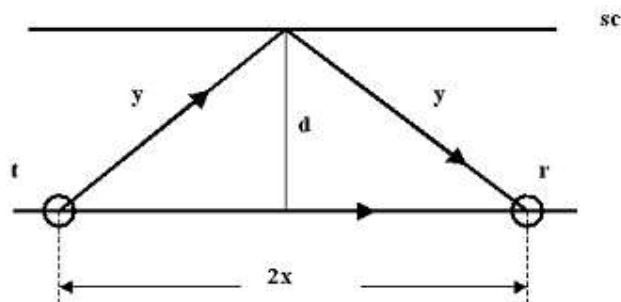
$$\Delta = 2(y - x) = 2(\sqrt{x^2 + d^2} - x) \quad (1)$$

Interferensi konstruktif (maksimum) akan terjadi ketika Δ sama dengan bilangan bulat panjang gelombang pada gelombang ultrasonik:

$$\begin{aligned} \Delta &= n\lambda = 2(\sqrt{x^2 + d^2} - x) \\ \rightarrow d &= \left(\sqrt{\frac{n^2\lambda^2}{4} + n\lambda x} \right); n = 0, 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (2)$$

Interferensi destruktif akan terjadi ketika Δ sama dengan bilangan ganjil setengah panjang gelombang pada gelombang ultrasonik:

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{2n+1}{2}\lambda = 2(\sqrt{x^2 + d^2} - x) \\ \rightarrow d &= \left(\sqrt{\left(\frac{2n+1}{4}\right)^2 \lambda^2 + \frac{2n+1}{2}\lambda x} \right); n = 0, 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (3)$$



Gambar 4: Diagram untuk perhitungan perbedaan panjang dua paket parsial (t = transmitter - pemancar, r = receiver - penerima, sc = screen - layar).

III. METODE PERCOBAAN

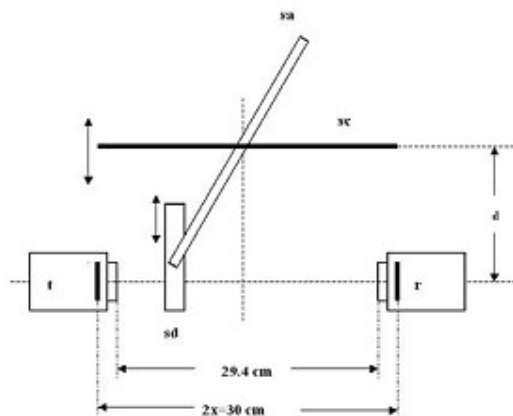
A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada percobaan ini, antara lain:

• Unit ultrasonik	13900.00	1
• Power supply untuk unit ultrasonik, 5 VDC	13900.99	1
• <i>Transmitter</i> ultrasonik pada batang	13901.00	1
• <i>Receiver</i> ultrasonik pada batang	13902.00	1
• Multimeter digital	07134.00	1
• Bangku optik, l = 60 cm	08283.00	1
• Pangkalan untuk bangku optik, putaran	08284.00	2
• Bantalan geser untuk bangku optik, h = 80 mm	08286.02	2
• Bantalan geser untuk bangku optik	08286.00	1
• Alat penggeser, horisontal	08713.00	1
• Lengan ayun	08256.00	1
• Layar logam, 30x30 cm	08062.00	1
• Pita pengukur, 2 m	09936.00	1
• Kabel penghubung, l = 50 cm, merah	07361.01	1
• Kabel penghubung, l = 50 cm, biru	07361.04	1



Gambar 1: Pengaturan percobaan.



Gambar 2: Diagram pengaturan percobaan (t = *transmitter*-pemancar, r = *receiver*-penerima, sd = *sliding device*-alat penggeser, sa = *swinging arm*-lengan ayun, sc = *screen*-layar).

B. Langkah Percobaan

1. Rangkailah alat percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, merujuk pada diagram pada Gambar 2 untuk penjelasan yang lebih detail.
2. Letakkan bantalan *transmitter* dan *receiver* ultrasonik pada bantalan gesernya ($h = 80 \text{ mm}$). Atur keduanya pada ketinggian yang sama, kemudian arahkan mereka pada bangku optik sehingga sumbu tengahnya sesuai dan lurus dengan bangku optik. Gunakan lengan ayun

- untuk bantalan layar reflektor pada alat penggeser (horisontal) dan yakinkan bahwa penggeser ini dikondisikan pada skala awal mula.
3. Pada saat memulai percobaan, luruskan layar reflektor sejajar dengan bangku optik dan pada jarak 2 cm dari sumbu tengah pada *transmitter* dan *receiver*. Gunakan alat penyetel ini dengan memutar lengan ayun, tahan eflektor tetap sejajar dengan bangku optik ketika ikut bergerak juga.
 4. Yang terakhir gerakkan *transmitter* dan *receiver* hingga tepi depannya simetri dengan pinggir layar dan dipisahkan pada jarak 29,4 cm (lihat Gambar 2). Sebagai bagian yang bergerak pada kisi, jarak efektifnya sekarang adalah 30 cm.
 5. Sambungkan *transmitter* ke stopkontak dioda TR1 pada unit ultarsonik dan operasikan unit itu pada mode kontinyu “Con”.
 6. Sambungkan *receiver* ke stopkontak BNC yang kiri (utamakan ke amplifier). Sambungkan sinyal *receiver* ke keluaran analog pada multimeter digital agar mempunyai penguatan dan pembetulan.
 7. Untuk meyakinkan kesesuaian antara sinyal masukan dan sinyal keluaran analog, hindari pengoperasian amplifier pada rentang saturasi (kondisi jenuh). Jika kasus demikian ini terjadi dan dioda “OVL” menyala, maka kurangi amplitudo *transmitter* atau amplifikasi masukan.
 8. Untuk memulai, kontrol dan hindari *overload*, gunakan alat penggeser untuk menggerakkan layar ke daerah maksimum pertama pada kurva pengukuran.
 9. Sekarang untuk merekam kurva pengukuran, gunakan alat penggeser untuk menggerakkan layar menjauh dari sumbu tengah pada sistem dengan step $\Delta d = (0,5-1)$ mm, untuk mengukur tegangan penerima ultrasonik U pada setiap step.
 10. Hitunglah nilai-nilai d menggunakan persamaan (2) dan (3).

Nilai-nilai berikut digunakan untuk menghitung d :

$$x = 15,0 \text{ cm dan } \lambda = 0,86 \text{ cm.}$$

Sebagaimana *transmitter* mengemisikan pada frekuensi $f = 40 \text{ Hz}$, nilai frekuensi diperoleh dari $c = \lambda \cdot f$ ($c = 343,4 \text{ m/s}$ pada $T = 20^\circ\text{C}$) dimana panjang gelombang ultrasonik adalah $\lambda = 0,858 \text{ cm} = 0,86 \text{ cm}$. Hanya nilai-nilai d yang memiliki nilai ekstrim yang ditentukan pada percobaan ini dan tidak ada inensitas yang absolut, faktor-faktor seperti penyerapan oleh udara dan tipe gelombang (bidang atau bulat) tidak perlu dianggap di sini (diabaikan).

C. Tabel Data Percobaan

No.	d (cm)	U (Volt)
1.		
dst.		

n	Puncak maksimum		Puncak minimum	
	d _{eks.} / cm	d _{teori} /cm	d _{eks.} / cm	d _{teori} /cm
1.				
2.				
3.				
dst.				

EF I - 9
IMPULS INDUKSI MENGGUNAKAN COBRA3

I. TUJUAN

Tujuan dilakukan percobaan ini adalah untuk:

1. Mengukur impuls tegangan terinduksi U_{ss} dan kecepatan dari magnet jatuh.
2. Mengevaluasi impuls tegangan terinduksi U_{ss} sebagai fungsi kecepatan dari magnet.
3. Menghitung fluks magnet yang diinduksi oleh magnet jatuh sebagai fungsi kecepatan dari magnet.

II. DASAR TEORI

Ketika kutub utara magnet digerakkan memasuki kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke salah satu arah (misalnya ke kanan). Jarum galvanometer segera kembali menunjuk ke nol (tidak menyimpang) ketika magnet tersebut didiamkan sejenak di dalam kumparan. Ketika magnet batang dikeluarkan, maka jarum galvanometer akan menyimpang dengan arah yang berlawanan (misalnya ke kiri).

Jarum galvanometer menyimpang disebabkan adanya arus yang mengalir dalam kumparan. Arus listrik timbul karena pada ujung-ujung kumparan timbul beda potensial ketika magnet batang digerakkan masuk atau keluar dari kumparan. Beda potensial yang timbul ini disebut gaya gerak listrik induksi (ggl induksi).

Ketika magnet batang digerakkan masuk, terjadi penambahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan (galvanometer menyimpang atau ada arus yang mengalir). Ketika batang magnet diam sejenak maka jarum galvanometer kembali ke nol (tidak ada arus yang mengalir). Ketika batang magnet dikeluarkan terjadi pengurangan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan (galvanometer menyimpang dengan arah berlawanan).

Jadi, akibat perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan, maka pada kedua ujung kumparan timbul beda potensial atau ggl induksi. Arus listrik yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan disebut arus induksi.

Pada percobaan ini, magnet permanen dijatuhkan dengan kecepatan berbeda yang melalui sebuah coil. Perubahan fluks magnetik Φ menghasilkan impuls tegangan induksi. Impuls tegangan induksi U_{ss} direkam dengan menggunakan sistem interface komputer. Impuls tegangan induksi bernilai negatif atau positif, Tergantung pada polaritas dari magnet permanen.

Rumus dari tegangan induksi U adalah:

$$U = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

di mana

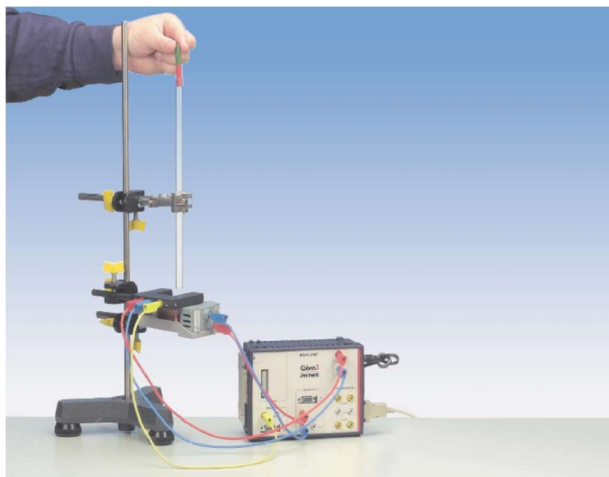
n = jumlah lilitan dalam coil
 Φ = fluks magnetik
 t = waktu

sedangkan bentuk integral dari fluks magnetiknya diberikan:
 $\Phi = -1/n \int U dt = B.A$

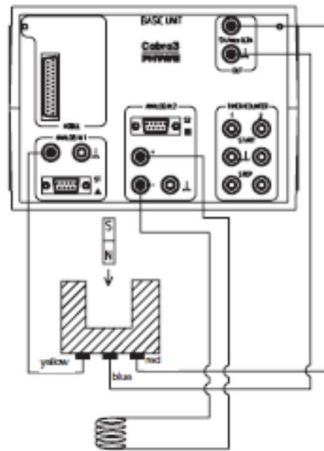
III. METODE PERCOBAAN

A. Alat dan Bahan Percobaan

1. Cobra3 basic unit	12150.00	1 buah
2. Power supply, 12 V	12151.99	1 buah
3. Kabel data RS232, 9 pole	14602.00	1 buah
4. Software Cobra3 Universal Plotter	14504.61	1 buah
5. Cabang light barrier	11207.20	1 buah
6. Batang support, melingkar, l=600mm	02037.00	1 buah
7. Boss head	02043.00	3 buah
8. Kaki tiga-pass-	02002.55	1 buah
9. Pipa gelas, l=300 mm	45126.01	1 buah
10. Klem universal	37715.00	1 buah
11. Pegangan kumparan	06528.00	1 buah
12. Kumparan, 600 lilitan, pendek	06522.01	1 buah
13. Magnet, d=8 mm, l=60 mm	06317.00	1 buah
14. Kabel penghubung, l=50 cm, merah	07361.01	2 buah
15. Kabel penghubung, l=50 cm, biru	07361.04	2 buah
16. Kabel penghubung, l=50 cm, kuning	07361.02	1 buah
17. PC windows 95, atau lebih tinggi		1 buah
18. Software “Measure 4.0”		1 buah



Gambar 1. Rangkaian percobaan impuls induktansi.



Gambar 2. Diagram rangkaian.

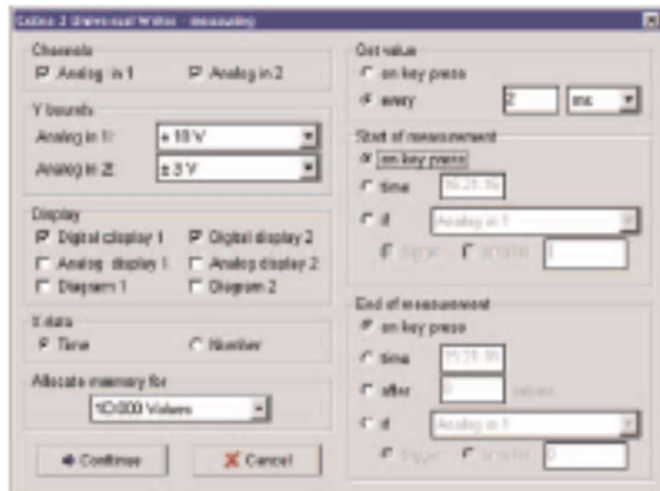
B. Langkah Kerja Percobaan

Pengaturan alat:

1. Rangkailah alat seperti pada Gambar 1 dan 2.
2. Atur sensor kecepatan (*light barrier*) pada tempat yang ditempatkan secara langsung diatas kumparan. Magnet harus mengganggu berkas cahaya selama proses jatuhnya.
3. Pipa gelas memberikan magnet jatuh dengan arah yang tepat dan juga memastikan putarannya stabil ketika magnet dijatuhkan dari ketinggian yang lebih besar.

Pengambilan data:

1. Mulailah perekaman nilai yang terukur dengan menggunakan parameter-parameter menurut Gambar 3.
2. Tekan *button* “*Start Measurement*”.
3. Letakkan magnet di atas pipa gelas, biarkan jatuh, tangkap dengan satu tangan di bawah kumparan dan akhiri prosedur rekaman pengukuran secara manual.
4. Ukurlah periode gangguan sinyal dari canel IN 1 (*light barrier*) menggunakan icon “*Survey*”.
5. Juga menggunakan icon “*Survey*” untuk mengukur amplitudo total U_{ss} (puncak ke puncak) dari tegangan induksi.
6. Tandai bagian dari kurva yang tidak diperlukan sebelum dan sesudah pulsa induksi dan potong bagian itu dengan menggunakan icon “*Cut*”.
7. Tandai bagian kurva positif (F_1) dan negatif (F_2) secara terpisah (contoh Gambar 4).
8. Hitung daerah kurva dengan menggunakan icon “*Show Integral*”. Akhirnya tambahkan nilai dari dua bagian daerah tersebut.



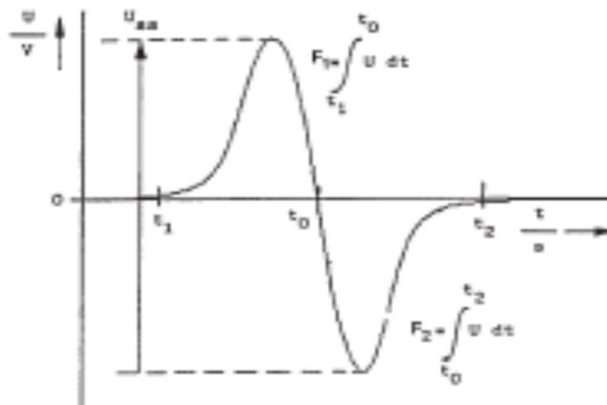
Gambar 3. Parameter-parameter pengukuran.

9. Buatlah plot U_{ss} versus kecepatan magnet jatuh. Hal itu membuktikan bahwa tegangan induksi setara dengan kecepatan:

$$U_{ind} \approx d\Phi/dt$$

10. Integral dari tegangan terinduksi adalah konstanta yang mana bukan fungsi dari kecepatan pada perubahan medan:

$$\Phi = B A.$$



Gambar 4. Prinsip perhitungan induksi magnet.

EF I - 10
PENYERAPAN GELOMBANG ULTRASONIK DI UDARA

I. TUJUAN

Adapun tujuan dilakukan praktikum ini, adalah:

1. Untuk mengukur intensitas bunyi sebagai fungsi jarak sumber bunyi dengan cara menggerakkan receiver ultrasonik sepanjang arah rambatan gelombang bunyi.
2. Untuk membuat plot grafik linear dan logaritma dari nilai intensitas bunyi sebagai fungsi jarak.
3. Untuk mengetahui hukum absorpsi (penyerapan) dan menentukan koefisien absorpsi.
4. Untuk membuktikan bahwa gelombang yang teremisi adalah gelombang bulat yang mendekati transmitter.

II. DASAR TEORI

Gelombang bunyi longitudinal membutuhkan suatu medium untuk merambat, sebaliknya, gelombang elektromagnetik transversal dapat merambat pada ruang hampa udara (vakum).

Sebagai contoh, seharusnya diafragma *loudspeaker* bergetar dengan frekuensi f kemudian partikel udara yang ada di depannya akan ikut bergetar dengan frekuensi yang sama. Perpindahan partikel secara periodik akan menyebabkan densitas udara dan tekanan udara berubah secara periodik pada suatu titik (tekanan bunyi bolak-balik). Partikel yang dipindahkan akan mengalami tumbukan (momentum) dengan partikel didekatnya. Semua partikel akan bergetar di sekitar titik konstan saat terjadi perubahan momentum, hal ini yang dinamakan gelombang bunyi. Selanjutnya proses transmisi tidak terjadi tanpa kehilangan energi, sebaliknya, semakin besar jarak dari sumber, tekanan udara menjadi lebih kecil (lemah). Hal ini disebabkan oleh gesekan di udara dan peningkatan temperatur antara posisi kompresi (temperatur tinggi) dan posisi penghalusan (temperatur rendah).

Dengan gelombang bunyi datar, hukum penyerapan (absorbs) pada proses pelemahan tekanan bunyi p adalah :

$$p(x) = p(0) e^{-ax} \quad (1)$$

di mana $p(0)$ adalah amplitudo awal dan $p(x)$ adalah amplitudo pada jarak x dan a adalah koefisien absorpsi yang mempunyai titik konstan di bawah kondisi konstan dan bergantung terhadap frekuensi, temperatur, derajat kebebasan dari atom/molekul gas dan juga kelembaban relatifnya. Jika $I(x) \approx p^2$ adalah benar besarnya intensitas bunyi, maka intensitas bunyi dapat diberikan pada persamaan :

$$I(x) = I(0) e^{-2ax} \quad (2)$$

Ketika gelombang yang diemisikan oleh gelombang bunyi adalah gelombang sferis dan bukan gelombang datar, dan ketika energy bunyi diradiasikan pada daerah sferis sebanding dengan x^2 . Intensitas bunyi I yang bekerja pada tiap daerah (luasan) dapat diubah menjadi $\frac{1}{x^2}$.

Pada eksperimen ini, hanya tekanan bunyi yang diukur, bukan intensitas bunyi. Hal tersebut sebanding dengan kuadrat jarak tekanan bunyi alternating ($I \approx p^2$). Penurunan terjadi secara terus menerus pada tekanan bunyi $\frac{1}{x}$, sebagaimana dijelaskan di depan.

Pada jarak yang lebih besar, gelombang sferis dapat disumsikan kira-kira mendekati (seperti) gelombang datar.

Dapat diketahui bahwa daerah pada jangkauan jauh ($x > 0,7$ m) dengan akurasi yang baik di bawah kondisi eksperimen ($f = 40$ kHz, $T = 20^\circ\text{C}$ dan 50% kelembaban relatifnya), nilai yang terukur berada pada garis lurus dengan kemiringan :

$$\alpha = \frac{\ln U_1 \cdot \ln U_2}{x_2 - x_1} = 1,3 \text{ m}^{-1} \quad (3)$$

Pada pengubahan satuan desibel, digunakan cara yang sama sehingga didapatkan pelemahan L :

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0} = 10 \frac{1}{I_0} \quad (4)$$

Sebaliknya untuk jarak dekat, $x < 0,7\text{m}$, penurunan intensitas tidak dapat dijelaskan dengan hanya absorpsi udara saja.

Ketika diasumsikan bahwa gelombang sferis dihasilkan dari sumber bunyi dan penyerapan udara pada jarak yang sangat pendek diabaikan, maka intensitas akan mengalami reduksi sebesar $\frac{1}{x}$. Semakin dekat dengan sumber, perambatan gelombang sferis berpengaruh terhadap penurunan intensitas. Gelombang sferis yang melalui jarak lebih jauh diasumsikan sebagai gelombang datar dan pelemahannya dapat menunjukkan ciri-ciri absorpsi udara.

III. METODE PERCOBAAN

A. Alat Percobaan

Adapun alat dan bahan yang digunakan antara lain:

- | | |
|--|--------|
| 1. Unit ultrasonik | 1 buah |
| 2. Power supply untuk unit ultrasonik, 5 VCD, 12 W | 1 buah |
| 3. Transmitter ultrasonik pada gagang | 1 buah |
| 4. Receiver ultrasonik pada gagang | 1 buah |
| 5. Digital multimeter | 1 buah |
| 6. Bangku optik, $\ell = 150\text{cm}$ | 1 buah |
| 7. Dasar kaki untuk bangku optik | 2 buah |

- | | |
|--|--------|
| 8. Bantalan geser pada bangku optik, $h = 80\text{mm}$ | 2 buah |
| 9. Kabel penghubung, $\ell = 50\text{cm}$, merah | 1 buah |
| 10. Kabel penghubung, $\ell = 50\text{cm}$, biru | 1 buah |



Gambar 1. Rangkaian percobaan

B. Langkah Percobaan

1. Rangkailah alat percobaan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dengan mengatur transmitter dan receiver memiliki ketinggian yang sama pada bangku optik.
2. Sambungkan transmitter (diujung bangku optik) dengan soket dioda TR1 pada unit ultrasonik dan operasikan pada mode “Con”.
3. Sambungkan receiver ke sebelah kiri soket BNC (utamakan ke amplifier).
4. Sambungkan sinyal yang diterima ke keluaran analog pada multimeter digital untuk menampilkan penguatan dan perbaikan sinyal.
5. Untuk memastikan kesesuaian antara sinyal masukan dan keluaran analog, hindari pengoperasian amplifier pada daerah saturasi (batas daya). Jika hal tersebut terjadi dan indikator diode “OVL” menyala maka kurangi amplitudo transmisi atau masukan penguatan.

Pengukuran terdiri dari 2 macam.

- 1) Pengukuran pertama adalah pengujian penyerapan gelombang ultrasonik di udara (pengukuran medan jauh), mulailah pengukuran pada jarak x antara transmitter dan receiver ($x = 40\text{cm}$), kemudian tambahkan jaraknya dengan step/interval (5-10cm).
- 2) Pengukuran kedua adalah menguji karakteristik gelombang sferis (bulat) dari gelombang teremisi (pengukuran medan dekat), mulailah pengukuran pada jarak 10 cm antara transmitter dan

receiver, kemudian tingkatkan jaraknya sampai 40 cm secara bertahap dengan interval 2 cm.

6. Atur sinyal yang diterima dengan tegangan maksimum 3,3 - 3,4 V pada setiap awal pengukuran.
7. Buatlah plot-plot grafik linear dan logaritma dari nilai intensitas bunyi sebagai fungsi jarak.

C. Tabel Data Percobaan

Pengukuran pertama:

x (cm)	U (Volt)	$\ln U$
40		
45		

Pengukuran kedua:

x (cm)	U (Volt)	$1/x \text{ (cm}^{-1}\text{)}$
10		
12		
dst.		
40		

DAFTAR PUSTAKA

Operation manual of physics experiment (PHYWE):

1. LEP 5.1.02-00: Specific charge of the electron – e/m
2. LEP 1.5.1.3-11: Stationary Ultrasonic waves, determination of wavelength
3. LEP 4.1.06-01/15: Current balance / Force acting on a current-carrying conductor
4. LEP 1.4.03-00: Viscosity of Newtonian and non-Newtonian liquids (rotary viscometer)
5. LEP 1.5.10-00: Optical determination of velocity of sound in liquid
6. LEP 5.2.31-00: Electron Absorption (β^-).
7. LEP 4.1.04-01/15: Temperature dependence of different resistors and diodes
8. LEP 1.5.20-00: Interference of Ultrasonic Waves by a Lloyd Mirror
9. LEP 4.4.12-11: Induction Impulse
10. LEP 1.5.14-00: Absorption of ultrasonic in air

Sistematika Laporan Praktikum

JUDUL PRAKTIKUM

A TUJUAN

B DASAR TEORI

C METODE PERCOBAAN

3. Alat dan Bahan
4. Gambar Percobaan
5. Langkah Percobaan

D ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Percobaan
2. Perhitungan
3. Pembahasan

E PENUTUP

1. Kesimpulan
2. Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Format lampiran laporan sementara

LAPORAN SEMENTARA
PRKTIKUM EKSPERIMEN FISIKA I
Judul percobaan:.....

Berisi Tabel data hasil percobaan dan kesimpulan data sementara

Asisten Praktikum

()