

MODUL PRAKTIKUM FISIKA DASAR II

LABORATORIUM FISIKA DASAR II

INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA



F FISIKA
INSTITUT
TEKNOLOGI
SUMATERA

**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA



Kemendikbudristek
Kementerian Pendidikan,
Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

PEDOMAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR

Kehadiran

- Praktikum harus diikuti sekurang-kurangnya 75 % dari jumlah total praktikum yang diberikan. Jika syarat tersebut tidak dipenuhi maka praktikum dinyatakan tidak lulus, yang akan mengakibatkan ketidakihtulusan pada mata kuliah Fisika Dasar.
- Ketidakhadiran karena sakit harus disertai surat keterangan resmi yang diserahkan ke Laboratorium Fisika Dasar paling lambat satu minggu sejak ketidakhadirannya. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan **SANKSI 3**.
- Keterlambatan kurang dari sepuluh menit dikenakan **SANKSI 1**.
- Keterlambatan lebih dari dua puluh menit dikenakan **SANKSI 3**.
- Data kehadiran akan dirujuk pada data absensi yang ada.

Persyaratan mengikuti praktikum

- Berperilaku dan berpakaian sopan. Jika tidak dipenuhi sekurang-kurangnya dikenakan **SANKSI 1**.
- Mengenakan jas lab dan memakai name tag praktikum. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan **SANKSI 2** atau **SANKSI 1** plus **SANKSI** administrasi.
- Mengerjakan tugas-tugas pendahuluan jika ada.
- Menyiapkan diri dengan materi praktikum yang akan dilakukan. Bagi mahasiswa yang kedapatan tidak siap untuk mengikuti praktikum bisa tidak diizinkan mengikuti praktikum (dapat dikenakan **SANKSI 3**).

Pelaksanaan praktikum

- Mentaati tata tertib yang berlaku di laboratorium Fisika Dasar.

- Mengikuti petunjuk yang diberikan oleh Asisten dan Dosen penanggung jawab praktikum.
- Memelihara kebersihan dan bertanggung jawab atas keutuhan alat-alat praktikum.

Penilaian

- Nilai praktikum ditentukan dari nilai tugas pendahuluan, test awal, aktivitas dan laporan.
- Nilai akhir praktikum dihitung dari rata-rata nilai praktikum, yaitu jumlah nilai seluruh modul praktikum dibagi jumlah praktikum yang wajib dilaksanakan.
- Kelulusan praktikum ditentukan berdasarkan nilai akhir praktikum ($AP \geq 50$) dan keikutsertaan praktikum sebanyak minimal 75%.

Sanksi

Sanksi 1 : Nilai modul yang bersangkutan dikurangi 10.

Sanksi 2 : Nilai modul yang bersangkutan dikurangi 50%.

Sanksi 3 : Tidak diperkenankan praktikum, sehingga nilai modul yang bersangkutan = 0 (nol).

Sanksi Administrasi

Diberikan kepada mahasiswa/ praktikan yang selama praktikan berlangsung menimbulkan kerugian, misalnya memecahkan/ merusak alat, menghilangkan/ tertinggal name tag dsb..

Lampung Selatan, Februari 2024

Koordinator Laboratorium Fisika Dasar

TATA TERTIB PRAKTIKUM FISIKA

1. Praktikan wajib mengikuti seluruh pertemuan praktikum sesuai jadwal yang telah ditentukan Laboratorium Fisika
2. Apabila praktikan tidak hadir dari jadwal yang sudah ditentukan, praktikan tidak diperkenankan untuk mengikuti praktikum.
3. Praktikan harus memakai jas praktikum serta pakaian yang sopan dan rapi selama praktikum berlangsung, tidak boleh memakai sandal jepit dan kaos oblong.
4. Praktikan dilarang merokok, membawa makanan, minuman, atau bahan yang sifatnya dapat merusak alat/peralatan percobaan ke dalam lab.
5. Praktikan wajib membuat tugas pendahuluan sebelum mengikuti praktikum, apabila tidak membuat tugas pendahuluan tidak diperkenankan untuk mengikuti praktikum.
6. Dalam memakai alat-alat laboratorium, praktikan harus melakukannya dengan baik dan benar, untuk itu pelajari dan perhatikan modul dan prosedurnya. Praktikan dilarang memulai praktikum sebelum mendapat izin dari asisten pembimbing.
7. Praktikan harus menjaga kebersihan, kerapian dan keutuhan alat laboratorium.
8. Laboratorium bukan tempat untuk bermain-main dan bersendau gurau.
9. Praktikan dilarang keras bermain-main dengan semua peralatan praktikum.
10. Setelah selesai melakukan praktikum, peralatan agar dirapikan seperti semula.
11. Praktikan yang belum mengumpulkan laporan, tidak boleh mengikuti praktikum berikutnya.
12. Jika terjadi kerusakan atau kehilangan alat dalam pelaksanaan praktikum maka menjadi tanggung jawab pemakai (dikenakan sanksi administrasi).
13. Hal-hal yang belum tercantum dalam tata tertib ini akan diatur kemudian.

PROSEDUR PELAKSANAAN PRAKTIKUM

AWAL PRAKTIKUM

1. Praktikan mengumpulkan tugas pendahuluan ke Asisten praktikum yang diikuti. Jika tidak mengumpulkan tugas pendahuluan tidak diperkenankan untuk mengikuti praktikum.
2. Selanjutnya praktikan memperlihatkan nametag kepada asisten untuk dapat mengikuti praktikum. Bagi praktikan yang tidak membawa nametag berarti tidak boleh mengikuti praktikum.

SELAMA PRAKTIKUM

1. Kegiatan dimulai dengan praktikan mengikuti test awal. Bagi praktikan yang dianggap tidak lulus tes awal, maka asisten berhak menyuruh praktikan untuk belajar lagi atau membatalkan praktikum.
2. Setelah tes awal, praktikan dapat melaksanakan praktikum dibawah bimbingan asisten.
3. Setiap praktikan yang meminjam alat, kartu tanda mahasiswa ditinggal sebagai jaminan dan akan diserahkan kembali di akhir praktikum setelah alat kembali dengan kondisi baik.
4. Perlengkapan yang dibawa ketika praktikum :
 - a. Buku Panduan Petunjuk Praktikum.
 - b. Nametag
 - c. Alat tulis
 - d. Beberapa lembar kertas HVS ukuran folio/kuarto untuk menulis laporan sementara.
 - e. Kertas berpetak milimeter lepas (jika diperlukan).
 - f. Kalkulator (jika diperlukan).

g. Penggaris transparan ukuran minimum 20 cm (jika diperlukan).

AKHIR PRAKTIKUM

1. Praktikan membuat laporan sementara (data pengamatan praktikum) dan disahkan asisten (rangkap 2, satu untuk praktikan dan satu untuk asisten).
2. Asisten memberi pengarahan tentang laporan dan tugas-tugas lain yang harus dikerjakan praktikan, lalu mengisi/menandatangani kartu praktikum.
3. Praktikan pulang dan mengerjakan laporan untuk dikumpulkan sehari setelah praktikum berlangsung.

DAFTAR ISI

	halaman
Kata Pengantar	1
Pedoman Praktikum	2
Tata Tertib Praktikum	4
Prosedur Pelaksanaan Praktikum.....	5
Daftar Isi	7
Modul I Medan magnet pada solenoida	8
Modul II Hukum Kirchoff.....	13
Modul III Arus Bolak Balik	17
Modul IV Gelombang Mikro	23
Modul V Difraksi dan Interferensi Cahaya	31
Daftar Pustaka	37
Kontributor	38

MODUL 1

MEDAN MAGNET PADA SOLENOIDA

A. TUJUAN PERCOBAAN

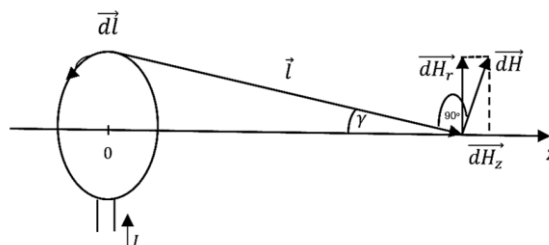
1. Mempelajari besarnya medan magnet di dalam dan di luar solenoida.
2. Menentukan hubungan antara medan magnetik dan arus listrik.
3. Menentukan hubungan antara medan magnetik dan jumlah lilitan.
4. Menentukan tetapan permeabilitas.

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. 1 set solenoida
2. Teslameter digital
3. Multimeter digital
4. Power supply
5. Distributor
6. G clamp
7. Kabel Penghubung
8. Hall probe, axial

C. KONSEP DASAR YANG TERKAIT

Sebuah solenoid dapat dibuat dengan cara melilitkan kawat pada sebuah tabung dengan jumlah lilitan tertentu. Jika solenoid tersebut dialiri listrik, maka di dalam solenoid tersebut akan timbul medan magnet.



Gambar 1. Perhitungan medan magnet sepanjang sumbu z pada loop kawat

Dengan menggunakan notasi pada Gambar 2.1, Hukum Biot Savart dapat dituliskan sebagai :

$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (2.1)$$

Dengan menurunkan persamaan di atas, maka akan diperoleh rapat fluks magnetik sepanjang sumbu loop kawat seperti berikut :

$$B_{(z)} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \quad (2.2)$$

Dengan konstanta magnetik sebesar $\mu_0 = 1.2566 \times 10^{-6} \text{ H/m}$. Jika terdapat sejumlah kecil loop identik yang saling berdekatan, densitas flux magnetiknya diperoleh dengan mengalikan $B(z)$ dengan jumlah lilitan n . Pada pusat loop ($z=0$), diperoleh :

$$B_{(0)} = \frac{\mu_0 n I}{2R} \quad (2.3)$$

Untuk menghitung densitas flux magnetik dari solenoida yang memiliki panjang l dan jumlah lilitan n , dapat dilakukan dengan mengalikan densitas fluks magnetik pada satu loop dengan $\frac{n}{l}$ dan kemudian diintegrasikan sepanjang l .

$$B_{(z)} = \frac{\mu_0 n I}{2l} \left[\frac{a}{(R^2 + a^2)^{1/2}} - \frac{b}{(R^2 + b^2)^{1/2}} \right] \quad (2.4)$$

Jika diukur tepat di bagian tengah solenoida, maka persamaan di atas menjadi :

$$B_{(0)} = \frac{\mu_0 n I}{2l} \left[R^2 + \frac{1}{2} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

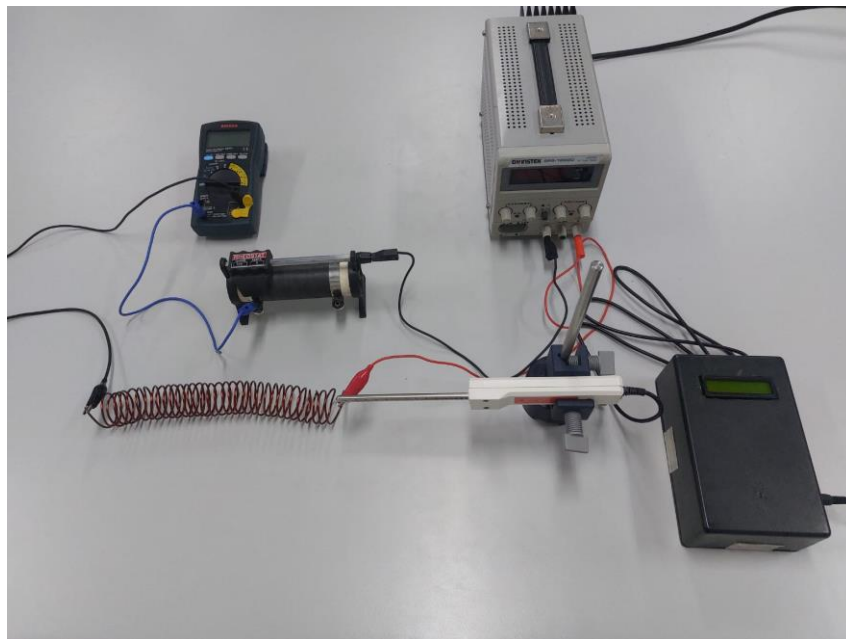
D. PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

1. Pastikan alat terangkai seperti pada Gambar 2.2 (konsultasikan dengan asisten).
2. Operasikan power supply, set tegangan 5 volt.

Perhatian : arus tidak boleh lebih dari 1 ampere dan pastikan solenoid tidak menimbulkan panas.

3. Hidupkan teslameter.

4. Posisikan hall probe sehingga tepat berada bagian tengah solenoida 30 lilitan.
5. Atur arus dengan menyalakan multimeter ke tombol amperemeter, dengan menggeser rheostat secara perlahan hingga arusnya tertera pada display multimeter sebesar 0,1 A.
6. Catat nilai medan magnet yang tertera pada *display* teslameter, yakni sebanyak 5 data percobaan per 5 detik. Ulangi percobaan dengan menggunakan arus 0,5 A dan 1 A. Kemudian masukkan data pada Tabel 1.
7. Ulangi langkah 2 sampai 6 untuk solenoida 60 lilitan dan 90 lilitan. Masukkan data yang telah didapatkan pada Tabel 2 dan 3.



Gambar 2. Set- up eksperimen untuk menentukan medan magnet

Tabel 1. Data hasil pengukuran medan magnet terhadap arus yang diberikan pada solenoida 30 Lilitan

No.	B (x 10 ⁻³ Tesla)		
	<i>I</i> = 0,1 A	<i>I</i> = 0,5 A	<i>I</i> = 1 A
1			
2			
3			
4			
5			
x_{total}			
$\bar{x}$			

Tabel 2. Data hasil pengukuran medan magnet terhadap arus yang diberikan pada solenoida 60 Lilitan

No.	B (x 10 ⁻³ Tesla)		
	<i>I</i> = 0,1 A	<i>I</i> = 0,5 A	<i>I</i> = 1 A
1			
2			
3			
4			
5			
<i>x_{total}</i>			
$\bar{x}$			

Tabel 3. Data hasil pengukuran medan magnet terhadap arus yang diberikan pada solenoida 90 Lilitan

No.	B (x 10 ⁻³ Tesla)		
	<i>I</i> = 0,1 A	<i>I</i> = 0,5 A	<i>I</i> = 1 A
1			
2			
3			
4			
5			
<i>x_{total}</i>			
$\bar{x}$			

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan perbedaan besaran B dan H dalam teori medan elektromagnetik (tuliskan rumus masing-masing)!
2. Dua buah penghantar dialiri arus sebesar 2 A dengan arah berlawanan. Kedua penghantar tersebut berjarak 12 cm, jika $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/An. Maka tentukan besar kuat medan magnet di tengah-tengah kedua penghantar!
3. Apa yang dimaksud dengan fluks gaya magnet?
4. Jelaskan secara singkat sejarah ditemukannya medan magnet!
5. Sebutkan 3 kegunaan medan magnet dalam kehidupan sehari-hari!

F. TUGAS ANALISIS

1. Bandingkan nilai rata-rata medan magnet pada setiap arus yang digunakan pada setiap solenoida (30,60,90 lilitan)!
2. Bandingkan besar medan magnet pada solenoida di setiap lilitan solenoida yang digunakan, manakah yang paling besar medan magnetnya? Dan jelaskan pengaruh jumlah lilitan solenoida terhadap medan magnet!
3. Buatlah grafik perbandingan antara B_{teori} dan $B_{\text{percobaan}}$ yang diperoleh (arus di sumbu x, dan kuat medan magnet pada sumbu y)!
4. Jelaskan grafik tersebut, apakah ada kesamaannya!
5. Sebutkan aplikasi solnoida dalam kehidupan sehari-hari. Apakah kuat medan magnet yang terlalu besar berbahaya pada tubuh manusia? Berapa ambang batas kuat medan magnet yang aman bagi tubuh manusia?

MODUL 2

HUKUM KIRCHOFF

A. TUJUAN PERCOBAAN

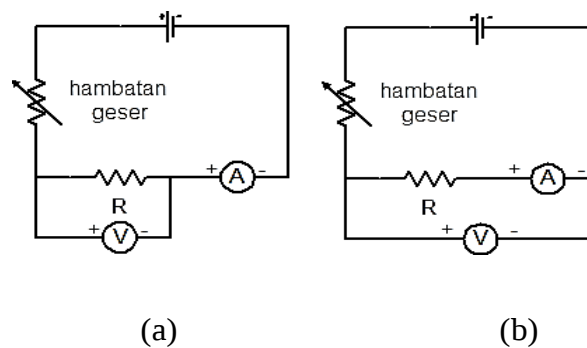
1. Menentukan kuat arus pada setiap cabang dalam suatu rangkaian listrik.
2. Menentukan besarnya beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik.

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Resistor
2. Papan rangkaian
3. *Power supply*
4. Multimeter
5. Kabel penghubung

C. KONSEP DASAR YANG TERKAIT

Untuk mengukur kuat arus di suatu rangkaian digunakan amperemeter. Amperemeter dipasang seri seperti Gambar 4.1 (a). Untuk mengukur tegangan antara dua titik dalam rangkaian digunakan voltmeter. Voltmeter pengukur tegangan dipasang paralel seperti Gambar 4.1 (b).



Gambar 1. Rangkaian untuk pengukuran arus dan tegangan

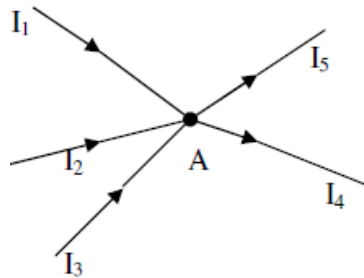
Untuk menganalisis rangkaian listrik, hukum yang banyak dipakai yaitu hukum Ohm dan Hukum Kirchoff.

Hukum Kirchoff I menyatakan: “Pada setiap titik percabangan, jumlah arus yang masuk melalui titik tersebut sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik tersebut”.

$$\sum I \text{ masuk titik cabang} = \sum I \text{ keluar titik cabang} \quad (1)$$

Dari Gambar 2, berlaku persamaan:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$



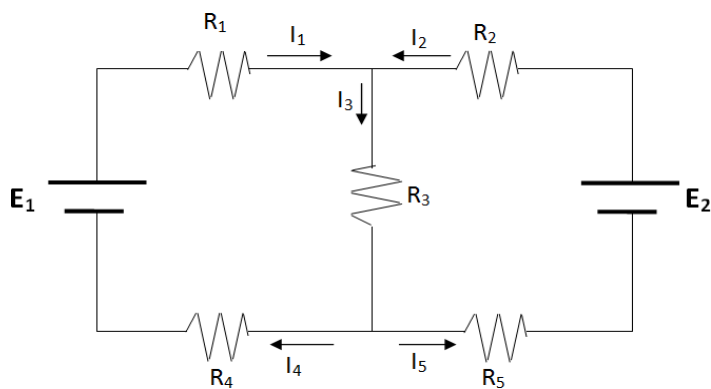
Gambar 2. Ilustrasi dari Hukum Kirchoff tentang titik percabangan

Hukum Kirchoff II juga bisa disebut hukum simpal, karena pada kenyataannya beda potensial di antara dua titik dalam suatu rangkaian dalam keadaan arus tetap (tunak) selalukonstan.

$$\sum E = 0 \quad (2)$$

D. PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

1. Susunlah rangkaian seperti Gambar 3. Gunakan $R_1 = ..$, $R_2 = ..$, $R_3 = ..$, $R_4 = ..$, dan $R_5 =$
2. Ukurlah hambatan pada resistor dengan multimeter. Tuliskan hasil pengukuran yang diperoleh pada Tabel 1.
3. Ukurlah tegangan V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , dan V_5 . Tuliskan hasil pengukuran yang diperoleh pada Tabel 2.
4. Ukurlah arus yang melewati R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , dan R_5 . Tuliskan hasil pengukuran diperoleh pada Tabel 3.



Gambar 3. Rangkaian majemuk

Tabel 1. Pengukuran dan perhitungan tegangan, arus pada rangkaian

Resistor	Tegangan (V)		Arus (A)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
1				
2				
3				
4				
5				

$E_1 = 12 \text{ V}$

$E_2 = 12 \text{ V}$

Tabel 2. Pengukuran nilai hambatan resistor

No.	Parameter	Pengukuran	Perhitungan (sesuai tabel gelang warna resistor)
1	R1		
2	R2		
3	R3		
4	R4		
5	R5		

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan secara mendetail apa itu :
 - a. Hambatan
 - b. Arus
 - c. Tegangan (volt)
2. Jelaskan secara kompleks apa itu resistor dan kode warna perangkatnya ? Jika diketahui sebuah resistor dengan pita satu berwarna kuning, pita dua berwarna orange, pita tiga berwarna coklat, dan pita empat berwarna emas.
 - a. Berapakah nilai resistornya ?
 - b. Jika diketahui nilai arusnya adalah 0,83 A. Berapakah nilai tegangannya ?
3. Jelaskan kegunaan dari hukum Kirchoff I dan II!
4. Jelaskan perbedaan hukum Kirchoff I dan II?
5. Buatlah tabel warna gelang pada resistor serta jelaskan bagaimana cara membaca warna gelang pada resistor!

F. TUGAS ANALISIS

1. Hitunglah tegangan dan arus listrik menggunakan hukum Kirchoff!
2. Jelaskan perbandingan hasil pengukuran resistor, arus, dan beda tegangan dengan hasil perhitungan!
3. Jelaskan pengaruh nilai resistor terhadap tegangan arus yang dihasilkan!
4. Jelaskan aplikasi hukum Kirchoff pada kehidupan sehari-hari!

MODUL 3

ARUS BOLAK BALIK

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Menentukan besaran-besaran dalam arus bolak-balik.
2. Mengukur besaran dalam arus bolak-balik.
3. Melakukan percobaan resonansi dalam arus bolak balik

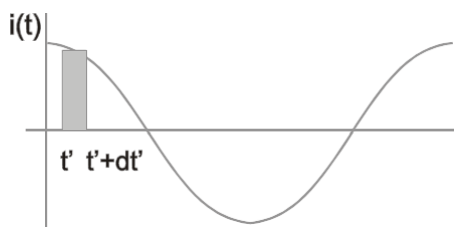
B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Sumber arus searah (1 buah)
2. *Signal generator* (1 buah)
3. Multimeter digital (1 buah)
4. Resistor
5. Induktor
6. Kapasitor

C. KONSEP DASAR YANG TERKAIT

Arus bolak-balik adalah arus listrik yang berubah-ubah besar dan arahnya. Bentuk arus bolak-balik yang paling sederhana secara matematis adalah arus sinusoidal. Sebagai contoh:

$$i(t) = I_m \cos(\omega t) \quad (1)$$



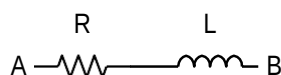
Gambar 1. Hubungan antara arus sinusoidal dengan waktu

Dari Gambar 1 itu dapat dilihat bahwa jumlah muatan yang lewat dalam selang waktu antara t dan $t + dt$ ditunjukkan oleh luas yang dibatasi kurva $i(t)$ dengan sumbu t , sehingga dapat kita rumuskan bahwa:

$$dq = i(t)dt \quad (2)$$

Untuk listrik bolak-balik tersebut, arus yang diukur oleh amperemeter adalah arus efektif, I_{ef} , atau sering disebut pula sebagai I_{rms}

Karakteristik listrik bolak balik yang akan dipelajari dalam praktikum ini adalah arus dan tegangan yang ada pada induktor dan kapasitor. Marilah kita tinjau mula-mula rangkaian seri RL seperti dalam gambar dibawah ini:



Gambar 2. Rangkaian seri RL

Induktor murni, L , jika dialiri arus bolak balik i akan timbul GGL induksi sebesar $E = -L di/dt$, sehingga di kedua ujungnya (A-B) akan muncul beda potensial sebesar

$$V_{AB} = Ri - E \quad (3)$$

$$V_{AB} = R + L di/dt \quad (4)$$

$$V_{AB} = RI_{ef}\sqrt{2} \cos(\omega t) + L \omega I_{ef}\sqrt{2} \cos\left(\omega t + \frac{\tau}{2}\right) \quad (5)$$

Penulisan di atas dapat juga kita tuliskan dalam bentuk

$$V_{AB} = V_m \cos(\omega t + \varphi) \quad (6)$$

Untuk mencari V_m dan φ dapat digunakan diagram fasor. Langkah-langkah pembuatan diagram fasor adalah:

- Semua fungsi kita ubah menjadi fungsi kosinus
- Ubah fungsi ini menjadi vektor fasor, misal pers (4) menjadi:

$$V_{AB} = V_m \angle \varphi \quad (7)$$

- Kita gambarkan vektor tersebut seperti dalam Gambar 3 (a) atau seperti dalam Gambar 5.3 (b) dengan menganggap $t = 0$.

Dari Gambar 5.3 diperoleh

$$V_{AB} = V_R + V_L \quad (8)$$

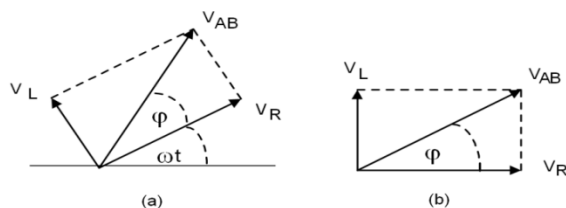
$$V_R = RI_{ef} \sqrt{2} \angle 0 \quad (9)$$

$$V_L = L\omega I_{ef} \sqrt{2} \angle \tau/2 \quad (10)$$

Nilai V_m dan φ kemudian dapat kita peroleh dari:

$$V_m = [(RI_{ef}\sqrt{2})^2 \cos^2(\omega t) + (L\omega I_{ef}\sqrt{2})^2 \sin^2(\omega t)]^{1/2} = I_{ef}\sqrt{2} \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (11)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \quad (12)$$



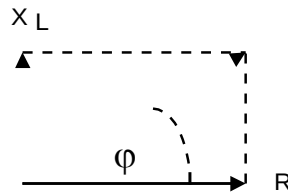
Gambar 3. Vektor Tegangan

Bentuk di atas dapat juga kita tuliskan sebagai $V_m = Z I_{ef} \sqrt{2}$

dimana Z adalah suatu besaran dengan satuan *ohm* (Ω) yang kemudian kita sebut sebagai impedansi. Yakni,

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (13)$$

dengan reaktansi induktif. Impedansi Z dapat juga digambar dalam diagram fasor seperti di bawah ini:



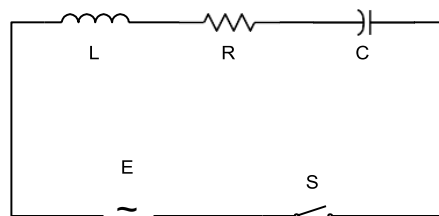
Gambar 4. Impedansi Z

Karakteristik untuk rangkaian seri RC dapat juga diturunkan dengan cara yang serupa. Jika pada rangkaian seri RL tegangan mendahului arus, maka pada rangkaian seri RC tegangan mengalami keterlambatan dari arus.

D. PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

a. Mengukur Impedansi Rangkaian Seri RLC

1. Catat nilai resistor, induktor dan kapasitor yang digunakan.
2. Susun rangkaian seperti berikut:



Gambar 5. Rangkaian mengukur impedansi rangkaian seri RLC

3. Nyalakan *signal generator*, atur tegangan sebesar 5 V dan frekuensi 10.000 Hz.
4. Ukur dan catat beda potensial antara ujung-ujung resistor (V_R), ujung-ujung induktor (V_L), ujung-ujung kapasitor (V_C), Ukur dan catat pula besar arus (I) yang mengalir pada rangkaian tersebut.
5. Ulangi percobaan 2 dan 4 dengan frekuensi 40.000 Hz, 70.000 Hz, 100.000 Hz, 130.000 Hz.
6. Tulis data yang diperoleh pada Tabel 3.
7. Kemudian buatlah grafik hubungan antara frekuensi dengan arus listrik.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Garis pada Osiloskop

Frekuensi (Hz)	Vpp R (volt)		Vpp L (volt)		Vpp C (volt)		Vpp total	
	Jumlah Titik	Skala	Jumlah Titik	Skala	Jumlah Titik	Skala	Jumlah Titik	Skala
10000								
40000								
70000								
100000								
130000								

Mengukur frekuensi resonansi pada rangkaian RLC yang digunakan

1. Hitunglah nilai frekuensi dari komponen yang digunakan.
2. Kemudian masukan nilai frekuensi yang dihitung pada signal generator.
3. Kemudian catat nilai V_R , V_L , V_C dan I pada rangkaian tersebut, ulangi percobaan sebanyak 3 kali.

Tabel 2. Hasil frekuensi Resonansi

Frekuensi (Hz)	Vrms R (volt)		Vrms L (volt)		Vrms C (volt)		Vrms total praktek (V)	Impedansi Z (Ω)	I total (A)
	teori	praktek	teori	praktek	teori	praktek			
10000									
40000									
70000									
100000									
130000									

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan sifat-sifat rangkaian pada arus bolak-balik !
2. Sebuah resistor 270Ω , kapasitor $10 \mu\text{F}$ dan inductor 2 H , dirangkai secara seri serta dihubungkan dengan sumber tegangan 300 Volt , 100 rad/s . Tentukanlah: Reaktansi induktif, reaktansi kapasitif, dan sifat rangkaian
3. Rangkaian seri RC terdiri dari $R = 30 \Omega$ dan $C = 10 \mu\text{F}$, dipasang pada tegangan AC 200 volt , 2500 rad/s . Berapakah impedansi rangkaiannya?
4. Rangkaian RLC terdiri dari : $R = 800 \Omega$, $X_L = 1000 \Omega$, dan $X_C = 400 \Omega$, dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik dengan persamaan $V = 200\sin(200t + \theta)$. Berapakah frekuensi angular dari rangkaian?
5. Apa yang dimaksud dengan V_{rms} !

E. TUGAS ANALISIS

1. Apakah tegangan hasil pengukuran sama dengan beda potensial (V) teori/perhitungan? Apakah beda potensial rangkaian dihitung dengan cara yang sama untuk rangkaian DC dan AC ? Jelaskan !
2. Jelaskan cara pengambilan data V_R , V_L dan V_C dan total secara praktek!
3. Bandingkan nilai V_R , V_L dan V_C pada praktek dan teori disetiap frekuensi pada Tabel 2!
4. Apa yang dimaksud dengan frekuensi resonansi, berapa frekuensi resonansi apabila menggunakan komponen yang disediakan?
5. Berikan contoh aplikasi modul arus bolak balik ini dalam kehidupan sehari-hari!

MODUL 4

GELOMBANG MIKRO

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Mengetahui fenomena polarisasi
2. Mengetahui bagaimana sebuah polarisator dapat digunakan untuk mengubah polarisasi dari radiasi gelombang mikro (microwaves).
3. Mengukur intensitas gelombang di setiap sudut polarisator yang berbeda.

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Pemancar, 1 buah
2. Penerima, 1 buah
3. Dudukan pemancar dan penerima, 2 buah
4. Kisi Polarisator, 1 buah
5. Plat acrylic, 1 buah
6. Plat aluminium, 1 buah
7. Dudukan Plastik, 3 buah

C. KONSEP YANG TERKAIT

Polarisasi merupakan proses pembatasan getaran vektor yang membentuk suatu gelombang transversal sehingga menjadi satu arah. Polarisasi hanya terjadi pada gelombang transversal saja dan tidak dapat terjadi pada gelombang longitudinal. Suatu gelombang transversal mempunyai arah rambat yang tegak lurus dengan bidang rambatnya. Apabila suatu gelombang memiliki sifat bahwa gerak medium dalam bidang tegak lurus arah rambat pada suatu garis lurus, dikatakan bahwa gelombang ini terpolarisasi linear. Sebuah gelombang tali mengalami polarisasi setelah dilewatkan pada celah

yang sempit. Arah bidang getar gelombang tali terpolarisasi adalah searah dengan celah.

Polarisasi cahaya yang dipantulkan oleh permukaan transparan akan maksimum bila sinar pantul tegak lurus terhadap sinar bias. Sudut datang dan sudut pantul pada saat polarisasi maksimum disebut sudut Brewster atau sudut polarisasi (i_p). Berdasarkan hukum Malus, intensitas polarisasi dapat digambarkan sebagai berikut:

$$n = \frac{\sin i_p}{\sin r'} = \frac{\sin i_p}{\sin(90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p}$$
$$n = \tan i_p \quad (1)$$

Cahaya merupakan salah satu dari gelombang elektromagnetik yang berosilasi secara transversal yang merupakan salah satu sifat unik yang dimiliki oleh cahaya tersebut dan tidak dimiliki oleh gelombang pada umumnya, maka dalam cahaya akan terjadi gejala difraksi serta interferensi didalamnya. Seperti yang telah diketahui bahwa difraksi merupakan suatu gejala penyebaran arah yang dialami oleh seberkas gelombang pada saat melewati celah sempit dibandingkan dengan ukuran panjang gelombangnya. Inteferensi merupakan akibat bersama yang ditimbulkan oleh beberapa gelombang cahaya, yang diperoleh dengan cara menjumlahkan gelombang-gelombang tersebut.

Polarisasi cahaya dibedakan atas tiga macam diantaranya adalah, cahaya dikatakan mempunyai polarisasi linier apabila medan listriknya berosilasi (bergetar) pada suatu garis lurus. Jika ujung vektor medan listriknya bergerak pada suatu elips, maka cahayanya dikatakan terpolarisasi eliptik. Jika ujung

vektor medan listriknya bergerak pada suatu lingkaran, maka cahayanya dikatakan terpolarisasi lingkaran. Polaroid adalah device (peralatan) yang mempunyai sifat mirip dengan kawat sejajar untuk gelombang mikro. Device ini memiliki semacam lubang garis memanjang yang memiliki kelebaran cukup kecil. Komponen medan listrik disepanjang lubang diserap, dan komponen arah tegak lurus lubang diteruskan dengan redaman sangat kecil. Jadi polaroid memiliki sumbu dalam bidangnya, jika medan listrik gelombang cahaya sejajar dengan sumbu ini, maka cahaya diteruskan dengan redaman sangat kecil. Dengan menggunakan dua buah polaroid, cahaya keluaran akan lebih smooth. Polaroid pertama berfungsi untuk menciptakan cahaya menjadi terpolarisasi linier, sehingga sering disebut dengan plarisator. Polaroid kedua digunakan untuk menganalisa arah atau macam polarisasi yang dihasilkan oleh polaroid pertama, sehingga disebut analisator.

Dalam hukum Malus, suatu polarisasi yang sempurna akan menghasilkan 50% intensitas cahaya tak terpolarisasi yang datang. Dianggap bahwa tidak ada cahaya yang hilang oleh pantulan – pantulan dan rantai- rantai hidrokarbon didalamnya benar-benar sejajar. Anggaplah bahwa komponen polarisasi yang tidak diinginkan seluruhnya dapat diserap, sedangkan komponen polarisasi yang diinginkan seluruhnya diteruskan.

Jika suatu cahaya terpolarisasi linier dijatuhkan tegak lurus terhadap polaroid, sedang arah polarisasi membuat sudut θ dengan sumbu mudah polaroid, maka amplitudo yang diteruskan adalah sebesar proyeksi medan listrik pada sumbu mudah. Akibatnya intensitas cahaya yang diteruskan menjadi :

$$I_0 = I_m \cdot \cos^2 \theta \quad (2)$$

Persamaan tersebut diatas dikenal dengan persamaan hukum Malus.

Bias ganda merupakan sifat yang dimiliki beberapa Kristal tertentu (terutama kalsit) untuk membentuk dua sinar bias dari suatu sinar datang tunggal. Sinar bias (*ordinary ray*) mengikuti hukum-hukum pembiasan normal. Sinar bias lain, yang dinamakan sinar luar biasa (*extraordinary ray*), mengikuti hukum yang berbeda. Kedua sinar tersebut bergerak dengan kelajuan yang sama, di mana cahaya sinar biasa terpolarisasi tegak lurus terhadap cahaya sinar luar biasa.

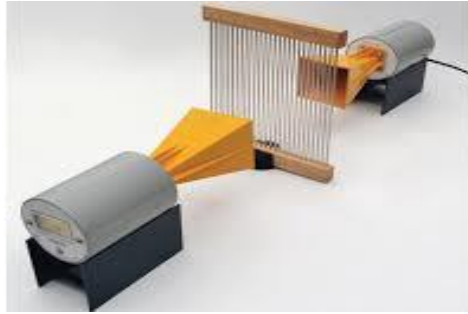
Cahaya yang terpolarisasi bidang bisa diperoleh dari cahaya yang tidak terpolarisasi dengan menggunakan bahan bias ganda yang disebut polaroid. Polaroid terdiri atas molekul panjang yang rumit yang tersusun paralel satu sama lain. Jika satu berkas cahaya terpolarisasi bidang jatuh pada polaroid yang sumbunya membentuk sudut θ terhadap arah polarisasi datang, amplitudonya akan diperkecil sebesar $\cos \theta$. Karena intensitas berkas cahaya sebanding dengan kuadrat amplitudo, maka intensitas terpolarisasi bidang yang ditransmisikan oleh alat polarisasi adalah:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (3)$$

dengan I_0 adalah intensitas datang.

D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah alat percobaan seperti Gambar 6.1, pastikan frekuensi pada alat adalah 100 Hz, kemudian atur ulang derajat penerima menjadi 0° .
2. Catatlah data yang ditunjukkan oleh receiver (penerima) saat jarak antara receiver dan transmitter divariasikan di Tabel 1 tanpa menggunakan medium.
3. Catatlah data yang ditunjukkan oleh receiver (penerima) saat acrylic diarahkan pada sudut $0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 80^\circ, 100^\circ, 120^\circ, 140^\circ, 160^\circ, 180^\circ$ di Tabel 2, dengan jarak transmitter dan receiver adalah 100 cm.



Gambar 1. Skema rancangan percobaan gelombang mikro

4. Ulangi langkah yang sama untuk plat aluminium dan catat data di Tabel 3.
5. Catatlah data yang ditunjukkan oleh penerima saat polarisator dengan posisi vertikal diarahkan pada sudut 0° , 20° , 40° , 60° , 80° , 100° , 120° , 140° , 160° , 180° terhadap garis horizontal di Tabel 4.
6. Ulangi langkah yang sama untuk polarisator dalam posisi horizontal catat di Tabel 5!

Tabel 1. Data Percobaan Gelombang Mikro tanpa menggunakan plat

Jarak (cm)	Intensitas receiver (I_m)	Intensitas transmitter(I_0)
100		
95		
90		
85		
80		
75		
70		
65		
60		
55		
$\bar{x}$		
SD		
Ketelitian		

Catatan : di percobaan Tabel 1, nilai $I_m = I_0$

Tabel 2. Data Percobaan Gelombang Mikro dengan plat acrylic

Sudut ($^{\circ}$)	Intensitas receiver (I_m)	Intensitas transmitter(I_0)
0		
20		
40		
60		
80		
100		
120		
140		
160		
180		
$\bar{x}$		
SD		
Ketelitian		

Tabel 3. Data Percobaan Gelombang Mikro dengan plat aluminium

Sudut ($^{\circ}$)	Intensitas receiver (I_m)	Intensitas transmitter(I_0)
0		
20		
40		
60		
80		
100		
120		
140		
160		
180		
$\bar{x}$		
SD		
Ketelitian		

Tabel 4. Data Percobaan Gelombang Mikro dengan polarisator vertical

Sudut ($^{\circ}$)	Intensitas receiver (I_m)	Intensitas transmitter(I_0)
0		
20		
40		
60		
80		
100		
120		
140		
160		
180		
$\bar{x}$		
SD		
Ketelitian		

Tabel 5. Data Percobaan Gelombang Mikro dengan polarisator horizontal

Sudut ($^{\circ}$)	Intensitas receiver (I_m)	Intensitas transmitter(I_0)
0		
20		
40		
60		
80		
100		
120		
140		
160		
180		
$\bar{x}$		
SD		
Ketelitian		

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Gelombang Mikro
2. Sebutkan sifat-sifat dari gelombang mikro !
3. Sebutkan pemanfaatan gelombang mikro dalam kehidupan sehari-hari!

4. Mengapa gelombang mikro tidak dapat dilihat oleh mata dan mampu memanaskan sebuah benda? Jelaskan cara kerja gelombang mikro?
5. Apa yang dimaksud dengan polarisasi pada gelombang ?

F. TUGAS ANALISIS

1. Bandingkan nilai I_0 dan I_m !
2. Bandingkan perbedaan nilai I_m pada data Gelombang Mikro menggunakan medium polarisator vertikal dan horizontal !
3. Bandingkan nilai I_m pada ketiga plat yang digunakan, manakah nilai I_m yang paling besar ? Jelaskan mengapa demikian!
4. Gambarkan grafik dari kelima percobaan tersebut dan analisis grafik tersebut (sumbu x adalah variable θ) dan (sumbu y adalah I_m)

MODUL 5

DIFRAKSI DAN INTERFERENSI CAHAYA

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Memahami pengaruh jarak, lebar dan banyaknya celah kisi terhadap pola difraksi.
2. Menentukan panjang gelombang sinar laser yang digunakan

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Laser
2. Dudukan laser
3. Tegangan pembangkit laser
4. Celah ganda dan celah jamak
5. Dudukan celah
6. Kertas Millimeter block

C. KONSEP DASAR YANG TERKAIT

Interferensi adalah fenomena di mana dua atau lebih gelombang saling tumpang tindih pada suatu titik tertentudalam ruang. Interferensi sebagian besar dibahas untuk gelombang koheren. Dua buah gelombang dikatakankoheren bila kedua gelombang memiliki frekuensi sama dan beda fase yang konstan. Ketika dua gelombangkoheren dengan amplitudo yang sama mengganggu satu sama lain (tumpang tindih di suatu titik), maka amplitudoyang dihasilkan pada titik tersebut dapat bervariasi dari nol sampai dua kali amplitudo. Prinsip utama di balik menggambarkan intereferensi adalah prinsip **superposisi**. Interferensi dua gelombang dapat berupa interferensi konstruktif (saling menguatkan) atau interferensi destruktif (saling melemahkan).

Interferensi konstruktif terjadi pada dua gelombang yang sefase bertemu pada suatu titik, sedangkan interferensi destruktif terjadi pada duagelombang yang berlawanan fase.Perbedaan antara difraksi dan interferensi yaitu : difraksi adalah pelenturan muka gelombang ketika melewaticelah sempit, sedangkan interferensi adalah efek gabungan (superposisi) dari beberapa gelombang; Difraksimembutuhkan hambatan (celah) tetapi interferensi tidak; Dan jalur

gelombang tetap utuh setelah interferensi, tetapi difraksi mengubah jalur gelombang datang. Namun, dari perbedaan dua fenomena gelombang itu, baik difraksi maupun interferensi menghasilkan pola yang sama. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tidak ada perbedaan mendasar antara difraksi dan interferensi. Kita menggunakan istilah interferensi untuk efek yang melibatkan gelombang-gelombang dari sejumlah kecil sumber, biasanya dua sumber. Sedangkan difraksi biasanya melibatkan sebuah distribusi kontinu dari gelombang-gelombang kecil Huygens yang menyeberang area sebuah celah, atau yang melibatkan sejumlah besar sumber atau celah.

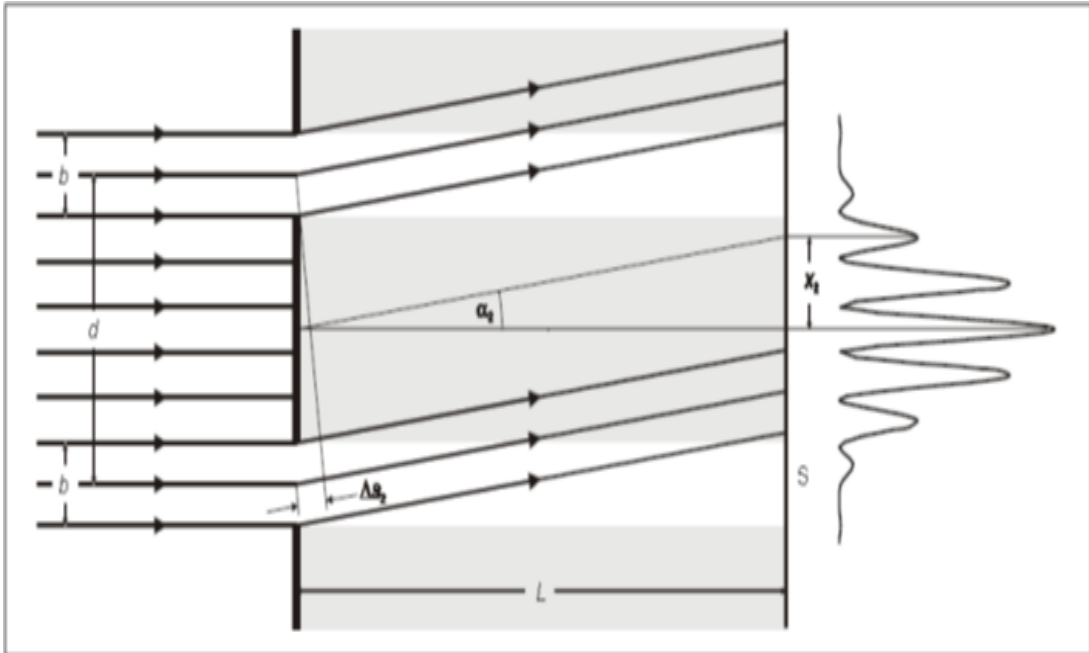
Dalam peristiwa difraksi dikenal suatu kisi difraksi yaitu sebuah susunan dari sejumlah besar celah sejajar yang lebar dan jarak antar celahnya sama. Kisi difraksi biasanya digunakan untuk mengukur panjang gelombang. Jika seberkas cahaya monokromatis (cahaya yang memiliki panjang gelombang satu seperti LASER) dilewatkan pada kisi, pola difraksi yang dihasilkan pada layar berupa garis terang (maksimal) dan garis gelap (minimal) secara bergantian.

Semakin banyak celah pada sebuah kisi yang memiliki lebar yang sama, semakin tajam pola difraksi yang dihasilkan pada layar. Interferensi maksimum terjadi bila beda lintasan cahaya datang dari dua celah yang berdekatan sebesar kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang. Sehingga interferensi maksimum yang terjadi pada kisi difraksi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$m\lambda = d \sin \theta \quad (1)$$

$$m\lambda = d \frac{y}{l} \quad (2)$$

dimana λ adalah panjang gelombang cahaya, d adalah jarak antar celah, θ adalah sudut perbedaan fasa, y adalah jarak antara ujung garis ke- n dengan garis terang pusat dan m menyatakan orde terang.



Gambar 1. Ilustrasi difraksi dan interferensi dengan celah ganda

D. Langkah-Langkah Percobaan

Set up alat percobaan dapat dilihat pada Gambar 7.2.



Gambar 2. Setting alat percobaan difraksi celah tunggal, ganda dan jamak

Celah Tunggal

Putar pemutar celah ke (I) dan catat lebar celah a .

1. Atur jarak antara layar dengan celah (L) sehingga lebar celah dapat diukur dengan mudah.
2. Cari garis terang utama yang merupakan pusat simetri garis terang.
3. Ukur dan catat jarak antara garis gelap pertama, kedua dan ketiga pada kedua sisi dengan garis terang pusat.

Celah Ganda Young

1. Putar pemutar celah ke (II) dan catat lebar celah a serta jarak antar celah d .
2. Atur jarak antara layar dengan celah (L) sehingga lebar celah dapat diukur dengan mudah.
3. Cari garis terang utama yang merupakan pusat simetri garis terang.
4. Ukur dan catat jarak antara garis gelap pertama, kedua dan ketiga pada kedua sisi dengan garis terang pusat.

Celah Jamak

1. Putar pemutar celah ke (III) dan catat lebar celah a serta jarak antar celah d .
2. Atur jarak antara layar dengan celah (L) sehingga lebar celah dapat diukur dengan mudah.
3. Cari garis terang utama yang merupakan pusat simetri garis terang.
4. Ukur dan catat jarak antara garis gelap pertama, kedua dan ketiga pada kedua sisi dengan garis terang pusat.

Tabel 1. Data Percobaan Interferensi dan difraksi dengan menggunakan **celah tunggal**

n (jumlah celah)	l (m)	$d \times 10^{-3}$ (m)	y (m)	λ (m)	KSR (%)
1	0,5	0,05	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,05	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	0,5	0,1	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,1	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	0,5	0,2	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,2	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	

Tabel 2. Data Percobaan Interferensi dan difraksi dengan menggunakan **celah ganda**

n (jumlah celah)	l (m)	$a \times 10^{-3}$ (m)	$d \times 10^{-3}$ (m)	y (m)	λ (m)	KSR (%)
2	0,5	0,05	0,25	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,05	0,25	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	0,5	0,04	0,5	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,04	0,5	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	0,5	0,1	0,5	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,1	0,5	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	

Tabel 3. Data Percobaan Interferensi dan difraksi dengan menggunakan **celah jamak**

n (jumlah celah)	l (m)	$a \times 10^{-3}$ (m)	$d \times 10^{-3}$ (m)	y (m)	λ (m)	KSR (%)
3	0,5	0,04	0,2	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	
	1	0,04	0,2	$y_1 =$ $y_2 =$ $y_3 =$	$\lambda_1 =$ $\lambda_2 =$ $\lambda_3 =$ $\bar{\lambda} =$	

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Apakah kepanjangan dari Laser? Apa pengertiannya dan bagaimana proses terbentuknya?
2. Jelaskan sifat-sifat Laser dan apa keuntungan dari sifat-sifat tersebut?
3. Sebutkan macam-macam jenis Laser dan apa perbedaan mendasar satu dengan yang lainnya?
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan polarisasi cahaya dan apa manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari?
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Difraksi? Jelaskan sejarah singkat penemuan Difraksi!

F. TUGAS ANALISIS

1. Jelaskan prosedur pengambilan data dalam setiap percobaan yang kita lakukan?
2. Berapa panjang gelombang sinar laser HeNe yang diperoleh dari hasil perhitungan data percobaan? Apakah nilainya sama dengan alat yang digunakan ($632 \times 10^{-9} \text{ m}$)?
3. Jelaskan pengaruh jarak, lebar dan banyaknya celah kisi terhadap pola difraksi?
4. Berapakah nilai KSR dalam percobaan celah tunggal, ganda dan jamak? Jelaskan!

DAFTAR PUSTAKA

- Benson, H. 1995. *University Physics*, John Wilye & Sons, Inc. p. 19
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. 1997. *Fundamentals of Physics*, John Wiley Sons.
- LFD ITB. 2013. *Modul Praktikum Fisika Dasar 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- PHYWE. 2016. *Manual Percobaan Magnetic Field of Single Coil/Biot Savart's Law (LEP 4.3.02)*. <http://www.phywe-systeme.com/>. Diakses pada tanggal 28 Januari 2022 pukul 10.50 WIB.
- Tim Penyusun. 2014. *Modul praktikum Laboratorium Fisika Dasar*. Riau. Jurusan Fisika FMIPA UIN Suska Riau.
- Tim Penyusun. 1980. *Penuntun Praktikum Fisika*. Bandung. Armico.
- Tim Penyusun. 2004. *Modul praktikum Fisika Dasar*. Bandung : Laboratorium Fisika Dasar – ITENAS
- Tim Penyusun. 2014. *Modul praktikum Laboratorium Fisika Dasar*. Bandung. Jurusan Fisika Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung.
- Tyler, Frank. 1967. *A Laboratory Manual of Physics*. Sydney. Edward Arnold.

KONTRIBUTOR

1. M. Samsul Anrokhi, S.Si., M. Si
2. Dr. Ikah Ning Prasetyowati Pernamasari, S.Si., M. Si
3. Ajeng Eliyana, S.Si., M.Si
4. Agustina Widiyani, S.Si., M. Si
5. Azrul Sulaiman Karim Pohan, S.Si., M.Si
6. Tri Siswandi Syahputra, S.Si., M.Si
7. Dr. Abdul Rajak, M.Si
8. Mahardika Yoga Darmawan, S.T., M.Si
9. Muhammad Ragil Setiawan, S.Pd., M.Si
10. Vico L Ipmawan, S.Pd., M.Si
11. Rahmat Nawir Siregar, S.Pd., M.Si
12. Harlina Ardiyanti, S.Si., M.Si
13. Deska Lismawenning, S.Si., M. Si
14. Okky Fajar Tri Maryana, M.Sc.
15. Dr. Indra Pardede, M. Si
16. Dr. Eko Satria, M.Si
17. Dr. Melany Febrina, M.Si.
18. Yusron Darajat, S.Pd., M.Sc.
19. Muhammad Anshory, S.Pd., M.Sc.
20. Aptridio Syawaludin Yusuf, S.Si
21. Vera Prawestiana, S.Si
22. Ma'sum Anshori, S.Si