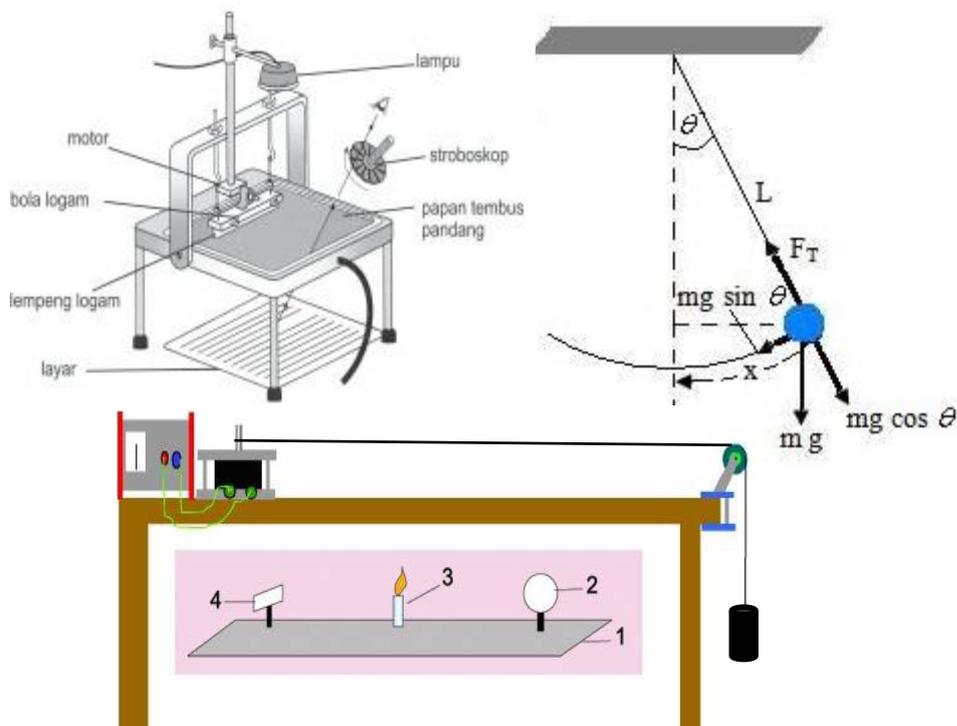


# Petunjuk



## PRAKTIKUM

# GELOMBANG & OPTIK



LABORATORIUM TERPADU  
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN  
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI JEMBER  
2019

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PETUNJUK PRAKTIKUM MATA KULIAH**  
**GELOMBANG DAN OPTIK**

Disusun Oleh:

**Dinar Maftukh Fajar, S.Pd., M.PFis.**  
**Dosen Mata Kuliah Gelombang dan Optik**

Telah diperiksa untuk dapat digunakan dalam praktikum mata kuliah Gelombang dan Optik Program Studi Tadris IPA IAIN Jember di Laboratorium FTIK.

Senin, 19 Agustus 2019

**Kepala Laboratorium FTIK,**



**Dr. H. Abdul Muhith, M.Pd.I.**  
**NIP 197210161998031003**

**Ketua Prodi Tadris IPA,**



**Dr. A. Suhardi, S.T. M.Pd.**  
**NIP 197309152009121002**

Mengetahui,  
Wakil Dekan Bidang Akademik



  
**A. Mashudi, M.Pd.**  
**197209182005011003**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Modul Praktikum Gelombang dan Optik ini dapat diselesaikan dengan baik. Modul Praktikum Gelombang dan Optik ini secara khusus digunakan untuk Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan (FTIK) Institut Agama Islam Negeri Jember.

Topik yang disajikan dalam Modul Praktikum Gelombang dan Optik ini terbagi menjadi beberapa bagian besar: getaran, gelombang, dan optik. Konsep dasar pengukuran dan ketidakpastian akan dipaparkan di bagian awal. Di samping itu disajikan juga Tata Tertib di Laboratorium Terpadu agar para mahasiswa dapat bekerja dengan hati-hati, tertib, lancar, dan tidak merusak alat.

Dalam perkembangan penyusunan modul ini, Laboratorium FTIK melakukan pengadaan alat dan bahan praktikum sehingga saat ini telah tersedia KIT Optika yang diproduksi oleh Pudak Scientific. Oleh karena itu, bagian akhir modul ini dicantumkan juga judul-judul praktikum dari Pudak Scientific sebagai tambahan terhadap judul praktikum yang telah dijalankan sebelumnya.

Modul Praktikum Gelombang dan Optik ini masih selalu diupayakan penyempurnaannya. Oleh karena itu, kami membuka saran dan kritik untuk perbaikan modul maupun peralatan praktikum Gelombang dan Optik melalui laboran atau dosen yang mengampu.

Jember, Agustus 2019

Dinar Maftukh Fajar, S.Pd., MPFis.

## PEDOMAN PRAKTIKUM GELOMBANG DAN OPTIK

### 1. Kehadiran

- Praktikum **harus diikuti sekurang-kurangnya 80%** dari jumlah total praktikum yang diberikan, yakni minimal 4 dari 6 kali pertemuan. Jika syarat tersebut tidak dipenuhi maka praktikum dinyatakan tidak lulus, yang akan mengakibatkan ketidakkululusan pada mata kuliah Gelombang dan Optik.
- Ketidakhadiran karena **sakit** harus disertai surat keterangan resmi yang diserahkan ke dosen pengampu **paling lambat dua minggu** sejak ketidakhadirannya. Jika **tidak dipenuhi** maka dikenakan **SANKSI 3**.
- Keterlambatan **kurang dari dua puluh menit** dikenai **SANKSI 1**.
- Keterlambatan **lebih dari dua puluh menit** dikenai **SANKSI 2**.
- Data kehadiran akan dirujuk pada data absensi. Setiap mahasiswa diwajibkan melakukan dan mengkonfirmasi absensinya dengan benar.

### 2. Persyaratan Mengikuti Praktikum

- Berperilaku dan berpakaian sopan. Jika **tidak dipenuhi** maka sekurang-kurangnya dikenai **SANKSI 1**.
- Mengenakan **Jas Lab** dan memakai **Name Tag**. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan **SANKSI 2** atau **SANKSI 1 plus SANKSI ADMINISTRASI**.
- Mengerjakan tugas-tugas pendahuluan jika ada.
- Menyiapkan diri dengan topik praktikum yang akan dilakukan. Mahasiswa yang kedatangan tidak siap untuk praktikum bisa tidak diizinkan mengikuti praktikum (dapat dikenai SANKSI 3).

### 3. Pelaksanaan Praktikum

- Menaati tata tertib yang berlaku di Laboratorium Terpadu.
- Mengikuti petunjuk yang diberikan oleh Asisten dan Dosen Penanggung Jawab Praktikum.
- Memelihara kebersihan dan bertanggung jawab atas keutuhan alat-alat praktikum.

### 4. Penilaian

- **Nilai praktikum** ditentukan dari nilai Tugas Awal, Tes Awal, Aktivitas, dan Laporan (atas kesepakatan bersama dosen sebelum pelaksanaan praktikum).
- **Nilai akhir praktikum (AP)** dihitung dari rata-rata nilai praktikum, yaitu dari hasil pembagian atas 4 kali praktikum, meskipun jumlah praktikum yang diikuti kurang dari 4 kali.
- **Kelulusan praktikum** ditentukan berdasarkan nilai akhir praktikum (**AP  $\geq$  50**) dan keikutsertaan praktikum ( $\geq 80\%$ ).

### 5. Sanksi Nilai

- **SANKSI 1:** Nilai Modul yang bersangkutan dikurangi 10

- **SANKSI 2:** Nilai Modul yang bersangkutan dikurangi 50%.
- **SANKSI 3:** Tidak diperkenankan mengikuti praktikum, sehingga Nilai Modul yang bersangkutan = NOL.

## 6. Sanksi Administrasi

Sanksi administrasi diberikan bagi praktikan yang selama praktikum berlangsung menimbulkan kerugian, misalnya memecahkan/ merusakkan alat, menghilangkan/ tertinggal **Name Tag** dsb. Nilai denda dan tata cara pergantian dapat dilihat pada papan pengumuman.

## 7. Praktikum Susulan dan Ulangan

- Secara umum **tidak diadakan** praktikum susulan, kecuali bagi yang berhalangan praktikum karena sakit. Praktikum susulan akan dilaksanakan setelah praktikum reguler berakhir. Persyaratan lengkap dan jadwalnya akan diatur kemudian.
- Bagi mahasiswa yang mengulang praktikum, diwajibkan mengikuti praktikum sebanyak jumlah total praktikum.

## 8. Lain-Lain

- Praktikum reguler dilaksanakan pada waktu yang dijadwalkan.
- Praktikum yang tidak dapat dilaksanakan karena bertepatan dengan hari libur, listrik PLN padam dsb., akan diberikan waktu praktikum pengganti setelah seluruh sesi praktikum reguler selesai.
- Tata tertib berperilaku sopan di dalam laboratorium meliputi di antaranya larangan makan, minum, merokok, menggunakan *handphone/smartphone* (kecuali *stopwatch*), *multimedia player*, *gadget tab* dan sejenisnya. Selama praktikum tidak diperkenankan menggunakan perangkat tersebut, seperti bertelepon, ber-SMS, dan ber-WA dengan *handphone/smartphone*.
- Tata tertib berpakaian sopan di dalam laboratorium meliputi di antaranya larangan memakai sandal dan sejenisnya.

Jember, Agustus 2019

Tim Dosen Gelombang dan Optik

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
PEDOMAN PRAKTIKUM GELOMBANG DAN OPTIK .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
KONSEP DASAR PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN .....	1
Percobaan 1: Gerak Harmonik Sederhana .....	7
Percobaan 2: Ripple Tank.....	10
Percobaan 3: Percobaan Melde .....	16
Percobaan 4: Pemantulan Cahaya Pada Cermin Cekung.....	19
Percobaan 5: Pembiasan Pada Kaca Plan Paralel.....	23
Percobaan 6: Pembiasan Cahaya Pada Prisma .....	26
Percobaan 7: Alat Musik.....	29
Data Penunjang.....	33

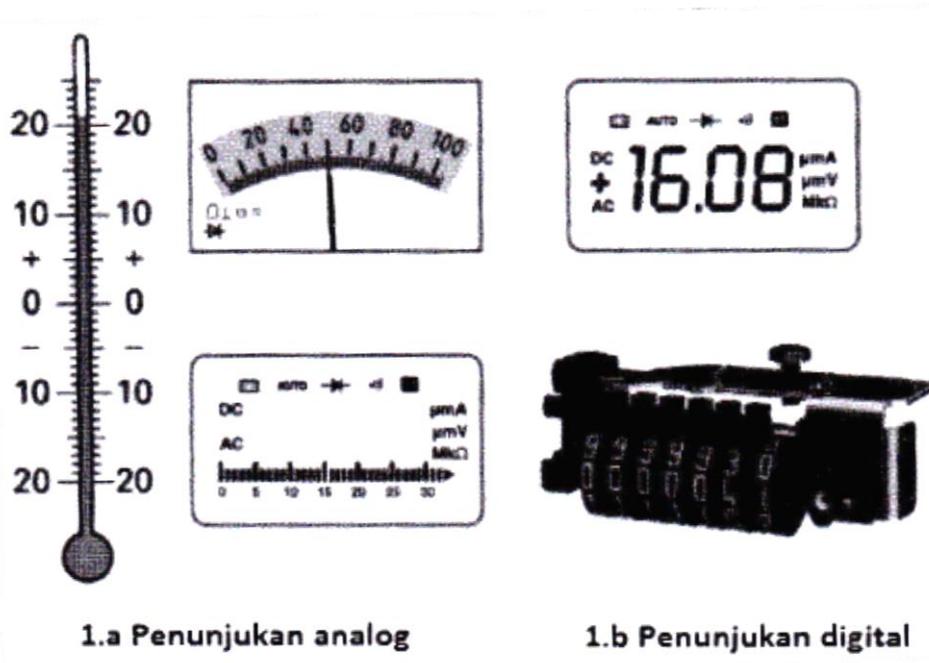
## KONSEP DASAR PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN

### A. Alat Ukur Dasar

Alat ukur adalah perangkat untuk menentukan nilai atau besaran dari suatu kuantitas atau variabel fisis. Pada umumnya alat ukur dasar terbagi menjadi dua jenis, yaitu alat ukur analog dan digital. Ada dua sistem pengukuran yaitu sistem analog dan sistem digital. Alat ukur analog memberikan hasil ukuran yang bernilai kontinyu, misalnya penunjukan suhu yang ditunjukkan oleh skala, penunjuk jarum dalam skala meter, atau penunjukkan skala elektronik (Gambar 1.a). Alat ukur digital memberikan hasil pengukuran yang bernilai diskrit. Hasil pengukuran tegangan atau arus dari meter digital merupakan sebuah nilai dengan jumlah digit tertentu yang ditunjukkan pada panel *display*-nya (Gambar 1.b).

Suatu pengukuran selalu disertai oleh ketidakpastian. Beberapa penyebab ketidakpastian tersebut antara lain adanya Nilai Skala Terkecil (NST), kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan paralaks, fluktuasi parameter pengukuran dan lingkungan yang saling mempengaruhi serta keterampilan pengamat. Dengan demikian amat sulit untuk mendapatkan nilai sebenarnya dari suatu besaran melalui pengukuran. Beberapa panduan akan disajikan dalam modul ini bagaimana cara memperoleh hasil pengukuran seteliti mungkin serta cara melaporkan ketidakpastian yang menyertainya.

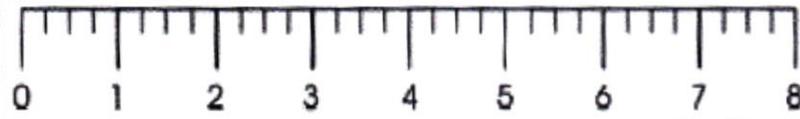
Beberapa alat ukur dasar yang akan dipelajari dalam praktikum ini adalah jangka sorong, micrometer sekrup, neraca teknis, penggaris, busur derajat, *stopwatch*, dan beberapa alat ukur besaran listrik. Masing-masing alat ukur memiliki cara untuk mengoperasikannya dan juga cara membaca hasil yang terukur.



Gambar 1 Penunjukkan meter analog dan meter digital

### Nilai Skala Terkecil

Pada setiap alat ukur terdapat suatu nilai skala yang tidak dapat lagi dibagi-bagi, inilah yang disebut Nilai Skala Terkecil (NST). Ketelitian alat ukur bergantung pada NST ini. Pada Gambar 2 di bawah ini tampak bahwa NST = 0,25 satuan.



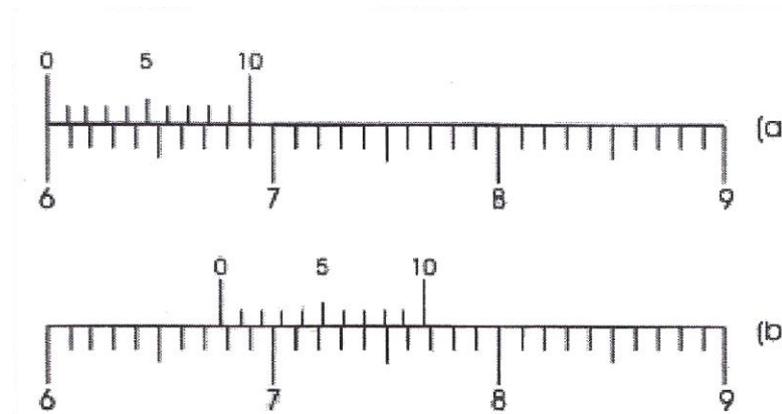
Gambar 2. Skala utama suatu alat ukur dengan NST = 0,25 satuan

### Nonius

Skala nonius akan meningkatkan ketelitian pembacaan alat ukur. Umumnya terdapat suatu pembagian sejumlah skala utama dengan sejumlah skala nonius yang akan menyebabkan garis skala titik nol dan titik maksimum skala nonius berimpit dengan skala utama. Cara membaca skalanya adalah sebagai berikut.

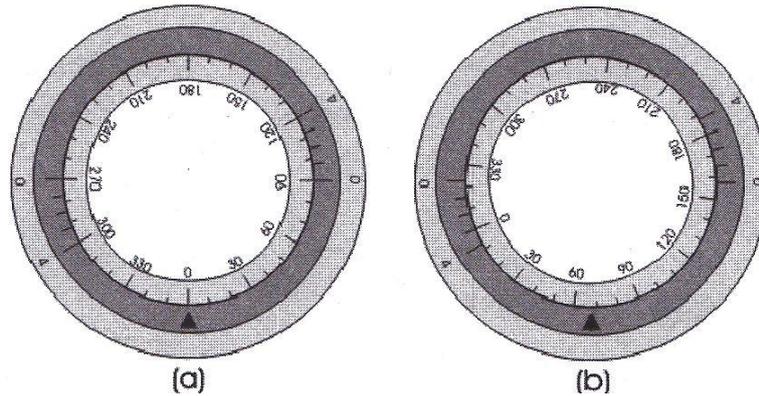
1. Baca posisi 0 dari skala nonius pada skala utama,
2. Angka decimal (di belakang koma) dicari dari skala nonius yang berimpit dengan skala utama.

Di bawah ini terlihat contoh alat ukur dengan NST utama 0,1 satuan dan 9 skala utama M menjadi 10 skala nonius N.



Gambar 3. Skala utama dan nonius dengan M=9, N=10, dan  $N_1=7$ .

Pada Gambar 3, hasil pembacaan tanpa nonius adalah 6,7 satuan dengan nonius adalah  $6,7 + \frac{7}{10} \times (10 - 9) \times 0,1 = 6,77$  satuan karena skala nonius yang berimpit dengan skala utama adalah skala ke 7 atau  $N_1=7$ .



Gambar 4. Skala utama berbentuk lingkaran

Kadang-kadang skala utama dan nonius dapat berbentuk lingkaran seperti dapat dijumpai pada meja putar untuk alat spektroskopi yang ditunjukkan oleh Gambar 4, NST=10°, M=3, N=4. Dalam Gambar 4b pengukuran posisi terkecil (skala kanan), dapat dilihat bahwa pembacaan tanpa nonius memberikan hasil 150°, sedangkan dengan menggunakan nonius hasilnya adalah  $150 + \frac{3}{4} \times (4 - 3) \times 10 = 157,5^\circ$ .

### B. Parameter alat ukur

Ada beberapa istilah dan definisi dalam pengukuran yang harus dipahami, di antaranya:

- Akurasi, kedekatan alat ukur membaca pada nilai yang sebenarnya dari variabel yang diukur.
- Presisi, hasil pengukuran yang dihasilkan dari proses pengukuran, atau derajat untuk membedakan satu pengukuran dengan lainnya.
- Kepekaan, rasio dari sinyal output atau tanggapan alat ukur terhadap perubahan input atau variabel yang diukur.
- Resolusi, perubahan terkecil dari nilai pengukuran yang mampu ditanggapi oleh alat ukur.
- Kesalahan, angka penyimpangan dari nilai sebenarnya variabel yang diukur.

### C. Ketidakpastian

Suatu pengukuran selalu disertai oleh ketidakpastian. Beberapa penyebab ketidakpastian tersebut antara lain adanya Nilai Skala Terkecil (NST), kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan pegas, adanya gesekan, kesalahan paralaks, fluktuasi parameter pengukuran dan lingkungan yang sangat mempengaruhi hasil pengukuran. Hal ini disebabkan karena sistem yang diukur mengalami suatu gangguan. Dengan demikian sangat sulit untuk mendapatkan nilai sebenarnya suatu besaran melalui pengukuran. Oleh sebab itu, setiap hasil pengukuran harus dilaporkan dengan ketidakpastian.

Ketidakpastian dibedakan menjadi dua, yaitu ketidakpastian mutlak dan relatif. Masing-masing ketidakpastian dapat digunakan dalam pengukuran tunggal dan berulang.

### **Ketidakpastian Mutlak**

Ketidakpastian mutlak adalah suatu nilai ketidakpastian yang disebabkan karena keterbatasan alat ukur itu sendiri. Pada pengukuran tunggal, ketidakpastian yang umumnya digunakan bernilai setengah dari NST. Untuk suatu besaran  $X$  maka ketidakpastian mutlaknya dalam pengukuran tunggal adalah:

$$\Delta x = \frac{1}{2} NST \quad (1)$$

Dengan hasil pengukurannya ditulis sebagai

$$X = x \pm \Delta x \quad (2)$$

Penulisan hasil pengukuran berulang dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya adalah menggunakan kesalahan  $\frac{1}{2}$  - rentang atau bisa juga menggunakan Standar Deviasi (Simpangan Baku).

### **Kesalahan $\frac{1}{2}$ - Rentang**

Pada pengukuran berulang, ketidakpastian dituliskan tidak lagi seperti pada pengukuran tunggal. Kesalahan  $\frac{1}{2}$  - rentang merupakan salah satu cara untuk menyatakan ketidakpastian pada pengukuran berulang. Cara untuk melakukannya adalah sebagai berikut:

- a) Kumpulkan sejumlah hasil pengukuran variabel  $x$ , misalnya  $n$  buah, yaitu  $x_1, x_2, \dots, x_n$
- b) Cari nilai rata-ratanya yaitu  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

- c) Tentukan  $x_{\max}$  dan  $x_{\min}$  dari kesimpulan data  $x$  tersebut dan ketidakpastiannya dapat dituliskan

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} \quad (4)$$

- d) Penulisan hasilnya sebagai

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (5)$$

Untuk jelasnya, sebuah contoh dari hasil pengukuran (dalam mm) suatu besaran  $x$  yang dilakukan empat kali yaitu 153,2 ; 153,6 ; 152,8 ; 153,0. Rata-ratanya adalah

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{153,2 + 153,6 + 152,8 + 153,0}{4} \\ &= 153,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai terbesar dalam hasil pengukuran tersebut adalah 153,6 mm dan nilai terkecilnya adalah 152,8 mm. Maka rentang pengukurannya adalah

$$(153,6 - 152,8) = 0,8 \text{ mm}$$

Sehingga ketidakpastian pengukuran adalah

$$\Delta x = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ mm}$$

Maka hasil pengukuran yang dilaporkan adalah

$$x = (153,2 \pm 0,4) \text{ mm}$$

### Standar Deviasi (Simpangan Baku)

Bila dalam pengamatan dilakukan  $n$  kali pengukuran dari besaran  $x$  dan terkumpul data  $x_1, x_2, \dots, x_n$  maka nilai rata-rata dari besaran ini adalah

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (6)$$

Besar simpangan nilai rata-rata tersebut terhadap nilai sebenarnya ( $x_o$ , yang tidak mungkin kita kita ketahui *nilai sebenarnya*) dinyatakan oleh standar deviasi, yaitu

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n x_j - (\sum_{j=1}^n x_j)^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

Standar deviasi yang diberikan oleh persamaan (7) di atas menyatakan bahwa nilai benar dari besaran  $x$  terletak dalam selang  $(\bar{x} - s_x)$  sampai  $(\bar{x} + s_x)$ . Jadi penulisan hasil pengukuran adalah  $x = \bar{x} \pm s_x$ .

### Ketidakpastian (KTP) Relatif

Ketidakpastian relatif adalah ukuran ketidakpastian yang diperoleh dari perbandingan antara ketidakpastian mutlak dengan hasil pengukurannya, yaitu:

$$\text{KTP relatif} = \frac{\Delta x}{x} \quad (8)$$

Apabila menggunakan KTP relatif maka hasil pengukuran dilaporkan sebagai

$$X = x \pm (\text{KTP relatif} \times 100\%) \quad (9)$$

### D. Ketidakpastian pada Fungsi Varibel (Perambatan Ketidakpastian)

Jika suatu variabel merupakan fungsi dari variabel lain yang disertai oleh ketidakpastian, maka variabel ini akan disertai pula oleh ketidakpastian. Hal ini disebut sebagai perambatan ketidakpastian. Misalkan dari suatu pengukuran diperoleh  $(a \pm \Delta a)$  dan  $(b \pm \Delta b)$ . Ketidakpastian suatu variabel yang merupakan hasil operasi dari kedua variabel tersebut dapat dihitung dengan rumusan seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Contoh perambatan ketidakpastian

Variabel	Operasi	Hasil	Ketidakpastian
$a \pm \Delta a$ $b \pm \Delta b$	Penjumlahan	$p = a + b$	$\Delta p = \Delta a + \Delta b$
	Pengurangan	$q = a - b$	$\Delta q = \Delta a + \Delta b$
	Perkalian	$r = a \times b$	$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
	Pembagian	$s = \frac{a}{b}$	$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
	Pangkat	$t = a^n$	$\frac{\Delta t}{t} = n \frac{\Delta a}{a}$

### Angka Berarti (Significant Figures)

Angka berarti (AB) menunjukkan jumlah digit angka yang akan dilaporkan pada hasil akhir pengukuran. AB berkaitan dengan KTP relative (dalam %). Semakin kecil KTP relatif maka semakin tinggi mutu pengukuran atau semakin tinggi ketelitian hasil pengukuran yang dilakukan. Aturan praktis yang menghubungkan antara KTP relatif dan AB adalah sebagai berikut.

$$AB = 1 - \log(\text{KTP relatif}) \quad (10)$$

Sebagai contoh suatu hasil pengukuran dan cara menyajikannya untuk beberapa AB dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Contoh Penggunaan AB

Nilai yang terukur	KTP relative (%)	AB	Hasil Penulisan
$1,202 \times 10^3$	0,1	4	$(1,202 \pm 0,001) \times 10^3$
	1	3	$(1,20 \pm 0,01) \times 10^3$
	10	2	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^3$

## Percobaan 1: Gerak Harmonik Sederhana

### A. Tujuan

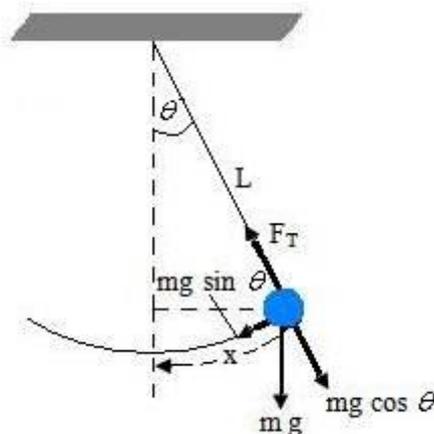
1. Menghitung periode pada ayunan bandul sederhana berdasarkan percobaan.
2. Menganalisis pengaruh massa, panjang, dan simpangan pada ayunan bandul sederhana terhadap periode getaran.

### B. Teori

Gerak harmonik sederhana (GHS) adalah salah satu gerak periodik dimana gaya pemulihnya berbanding lurus dengan perpindahan dan bekerja berlawanan arah dengan perpindahan. GHS memiliki periode yang selalu konstan. GHS dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu

1. Gerak Harmonik Sederhana (GHS) Linier, misalnya gerak bolak-balik penghisap dalam silinder gas, gerak osilasi fluida dalam pipa U, gerak bolak-balik pada pegas, dan sebagainya;
2. Gerak Harmonik Sederhana (GHS) Angular, misalnya gerak bandul, osilasi ayunan torsi, dan sebagainya.

Perhatikan gambar berikut



Sebuah bandul bermassa ( $m$ ) digantungkan pada salah satu ujung tali yang tidak mulur dengan panjang  $L$  membuat simpangan dengan sudut  $\theta$ . Gaya yang menyebabkan bandul ke posisi kesetimbangan dinamakan gaya pemulih. Gaya pemulih pada bandul dirumuskan sebagai berikut

$$F = -mg \sin \theta$$

Tanda (-) menunjukkan arah gaya pemulih melawan arah gerak. Pada persamaan di atas terlihat bahwa gaya pemulih tidak sebanding dengan  $\theta$  tetapi dengan  $\sin \theta$ , sehingga gerakan yang dihasilkan bukan getaran harmonis sederhana. Untuk membuatnya menjadi GHS maka  $\sin \theta \approx \theta$  ( $\theta < 15^\circ$ ), sehingga untuk sudut yang kecil berlaku:

$$F = -mg\theta = -mg\frac{x}{L} = -\frac{mg}{L}x$$

Ingat kembali, persamaan gaya pemulih pada pegas, yakni  $F = -kx$  di mana  $k = m\omega^2$ , maka

$$\omega^2 = \frac{g}{L}$$

Jika  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  maka

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Dari persamaan di atas, dapat dibuktikan variabel-variabel yang mempengaruhi periode ayunan.

### C. Alat dan Bahan

1. Statif
2. Tali
3. Stopwatch
4. Neraca lengan
5. Beban
6. Busur
7. Penggaris

### D. Prosedur

Percobaan ini dibagi menjadi 3 bagian, masing-masing diulang sebanyak 3 kali. Tiap bagian dilakukan berturut-turut dengan variabel manipulasi (a) amplitudo, (b) panjangnya tali, dan (c) massa beban. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Siapkan Statif kemudian atur berat beban, panjang tali, dan besar amplitudo sesuai yang telah ditentukan
2. Gunakan busur untuk mengukur sudutnya
3. Ayunkan bandul dengan posisi sudut yang telah ditentukan
4. Hidupkan stopwatch bersamaan dengan pertama kali bandul diayunkan
5. Hentikan stopwatch jika bandul sudah melakukan 20 kali ayunan
6. Catat waktu terakhir di stopwatch
7. Ulangi percobaan hingga 3 kali pada tiap bagian
8. Tuliskan hasil pengamatan ke dalam tabel

**E. Data**

No	Massa	Panjang	Amplitudo	Periode	Frekuensi

No	Massa	Panjang	Amplitudo	Periode	Frekuensi

No	Massa	Panjang	Amplitudo	Periode	Frekuensi

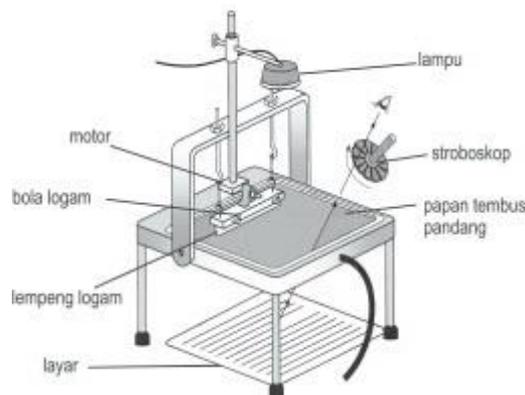
## Percobaan 2: Ripple Tank

### A. Tujuan

1. Mengamati sifat-sifat gelombang pada air
  - a. Pemantulan
  - b. Pembiasan
  - c. Interferensi
  - d. Difraksi
2. Menganalisis hubungan antara frekuensi gelombang dan panjang gelombang

### B. Teori

Pada prinsipnya gelombang adalah rambatan dari energi getaran. Setiap gelombang baik mekanik maupun elektromagnetik memiliki sifat-sifat tertentu, antara lain dapat dipantulkan (*refleksi*), dapat dibiaskan (*refraksi*), dapat saling berpadu (*interferensi*), dapat dilenturkan (*difraksi*).

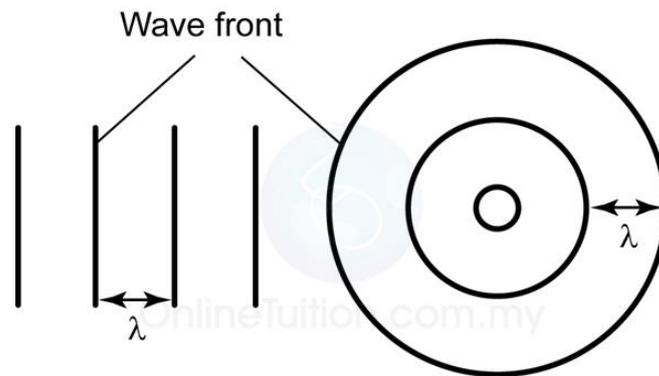


Gambar 1 Tangki Riak

Untuk mempelajari sifat-sifat gelombang dapat dilakukan dengan percobaan mengamati gelombang yang terjadi di permukaan air, yakni dengan menggunakan tangki riak atau tangki gelombang (*ripple tank*). Pada dasarnya tangki riak terdiri atas tangki air yang dasarnya terbuat dari kaca, interruptor sebagai sumber getar yang diletakkan di atas papan penggetar, dan sebuah lampu yang diletakkan di atas tangki riak untuk menyinari permukaan air. Di bawah tangki riak terdapat papan putih untuk mengamati bentuk gelombang pada permukaan air. Puncak dan dasar gelombang akan terlihat pada papan putih tersebut berupa garis gelap dan terang.

Sebelum membahas sifat gelombang, akan kita memperkenalkan istilah *wave front* atau muka gelombang dan sinar gelombang. Apabila kita menggunakan keping getar, maka pada permukaan air akan kita lihat garis lurus yang bergerak ke tepi dan jika kita menggunakan bola sebagai penggetarnya, maka pada permukaan timbul lingkaran-lingkaran yang bergerak ke tepi. Sekumpulan garis-garis atau lingkaran-lingkaran itu yang dinamakan muka gelombang. Jadi muka gelombang didefinisikan sebagai tempat

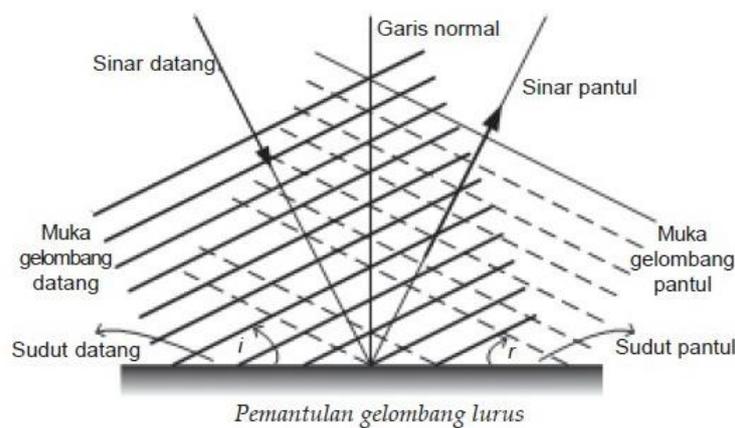
sekumpulan titik yang mempunyai fase yang sama pada gelombang. Muka gelombang dapat berbentuk garis lurus atau lingkaran.



Gambar 2 Muka Gelombang

Tempat kedudukan titik yang mempunyai fase yang sama mempunyai jarak  $1\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  ..., dan seterusnya, sehingga jarak antar *wave front* yang saling berdekatan sebesar  $1\lambda$ . Setiap gelombang merambat menurut arah tertentu. Arah rambatan gelombang disebut *sinar gelombang*. Sinar gelombang arahnya selalu tegak lurus muka gelombang.

### 1. Pemantulan Gelombang (Refleksi)



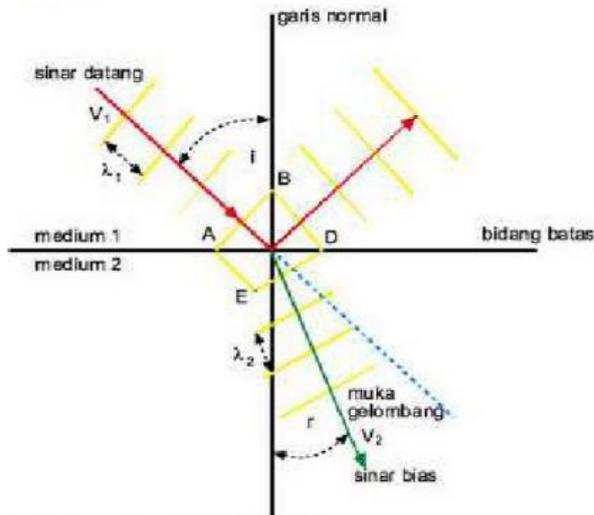
Gambar 3 Pemantulan Gelombang

Untuk mengamati pemantulan gelombang dapat dilakukan dengan menempatkan balok kaca atau logam pada tangki riak sebagai penghalang gelombang yang mempunyai muka gelombang lurus. Sinar gelombang tersebut akan dipantulkan pada saat mengenai dinding penghalang tersebut. Dalam pemantulan gelombang tersebut berlaku hukum pemantulan gelombang yaitu :

- a. sudut datang gelombang sama dengan sudut pantul gelombang, dan
- b. gelombang datang, gelombang pantul, dan garis normal terletak dalam satu bidang datar.

### 2. Pembiasan Gelombang (Refraksi)

Gambar :



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\mathbf{v = \lambda \cdot f}$$

v = cepat rambat (m/s)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

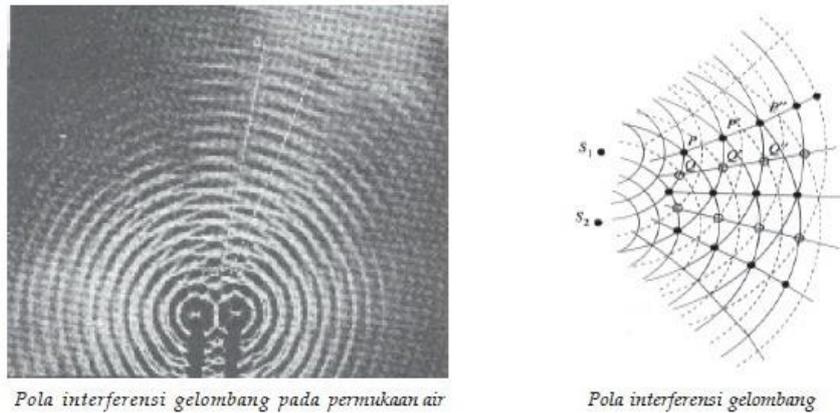
Frekuensi **tidak** mengalami perubahan saat melalui 2 medium yang berbeda indeks biasnya

Gambar 4 Pembiasan Gelombang

Untuk mempelajari pembiasan gelombang dapat dilakukan dengan menempatkan balok kaca/logam pada tangki riak yang seluruhnya berada di dalam air, sehingga akan membedakan kedalaman permukaan air dalam tangki riak. Hal ini untuk menggambarkan adanya dua medium rambatan gelombang, permukaan dalam menggambarkan medium yang rapat dan permukaan air yang dangkal menggambarkan medium yang kurang rapat. Sinar gelombang yang melewati bidang batas antara kedalaman air terlihat dibelokkan/dibiaskan di mana front gelombangnya menjadi lebih rapat. Hal ini menunjukkan adanya perubahan panjang gelombang, akan tetapi frekuensinya tetap yaitu sama dengan frekuensi sumber getarnya. Dalam pembiasan gelombang berlaku hukum pembiasan yang menyatakan: *“Perbandingan sinus sudut datang dengan sinus sudut bias merupakan bilangan tetap”*

### 3. Interferensi Gelombang

Untuk menunjukkan gejala interferensi gelombang dapat dipergunakan dua sumber getar berbentuk bola atau sumber getar berupa keping/plat yang diberi dua lubang/celah di mana celah tersebut dapat dianggap sebagai sumber getaran (gelombang). Untuk mengamati gejala interferensi gelombang agar teramati dengan jelas, maka kedua gelombang yang berinterferensi tersebut harus merupakan dua gelombang yang koheren. Dua gelombang disebut koheren apabila kedua gelombang tersebut memiliki frekuensi dan amplitudo yang sama serta memiliki selisih fase yang tetap/konstan.

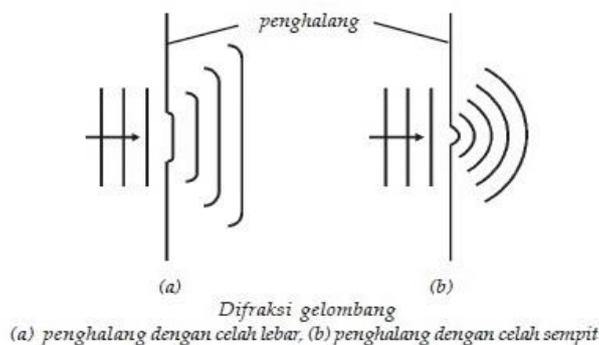


Gambar 5 Interferensi Gelombang

Ada dua sifat hasil interferensi gelombang, yaitu interferensi bersifat konstruktif dan destruktif. Interferensi bersifat konstruktif artinya saling memperkuat, yaitu saat kedua gelombang bertemu (berinterferensi) memiliki fase yang sama. Sedang interferensi bersifat destruktif atau saling melemahkan jika kedua gelombang bertemu dalam fase yang berlawanan. Gambar di atas menunjukkan pola interferensi yang ditunjukkan tangki riak, di mana garis tebal/tidak terputus adalah hasil interferensi yang bersifat konstruktif, sedangkan garis putus-putus menunjukkan interferensi yang bersifat destruktif.

#### 4. Difraksi Gelombang

Untuk menunjukkan adanya difraksi gelombang dapat dilakukan dengan meletakkan penghalang pada tangki riak dengan penghalang yang mempunyai celah, yang lebar celahnya dapat diatur. Difraksi gelombang adalah peristiwa pembelokan/penyebaran (lenturan) gelombang jika gelombang tersebut melalui celah. Gejala difraksi akan semakin tampak jelas apabila lebar celah semakin sempit. Dengan sifat inilah ruangan dalam rumah kita menjadi terang pada siang hari dikarenakan ada lubang kecil pada genting. Serta suara alunan musik dari *tape recorder* dapat sampai ke ruangan lain, meskipun kamar tempat tape tersebut pintunya tertutup rapat.



Gambar 6 Difraksi Gelombang

### **C. Alat dan Bahan**

1. 1 set percobaan tangki riak
2. Power supply
3. Kabel konektor
4. Kamera

### **D. Langkah percobaan**

1. Isi air pada tangki riak hingga kedalaman 1,5-2 cm.
2. Atur penggetar sehingga tercelup air.
3. Nyalakan lampu kedip.

#### **Hubungan antara frekuensi dan panjang gelombang**

4. Pasang penggetar titik.
5. Atur frekuensi 30 Hz
6. Ukur panjang gelombang menggunakan mistar.
7. Lakukan langkah 6-7 pada frekuensi yg berbeda.

#### **Pemantulan Gelombang**

8. Atur frekuensi 30-40 Hz
9. Pasang penggetar datar.
10. Tempatkan penghalang datar dan lengkung dengan berbagai posisi.
11. Gambar pemantulan gelombang yang diperoleh.

#### **Pembiasan Gelombang**

12. Pasang penggetar datar.
13. Letakkan kaca trapesium di depan penggetar datar dengan posisi miring.
14. Gambar pembiasan yang diperoleh.
15. Ukur panjang gelombang sebelum dan sesudah melewati kaca trapezium.

#### **Interferensi Gelombang**

16. Pasang penggetar titik ganda
17. Gambar hasil interferensinya dan tandai mana interferensi konstruktif dan destruktif.
18. Buat garis yang menghubungkan titik-titik interferensi konstruktif
19. Buat garis yang menghubungkan titik-titik interferensi destruktif

#### **Difraksi Gelombang**

20. Pasang penggetar datar
21. Letakkan penghalang celah sempit.
22. Gambar difraksi yang terbentuk
23. Lakukan langkah 21-22 dengan 3 kali melebarkan celah

### E. Data

Hubungan antara frekuensi dan panjang gelombang

No	Frekuensi	Panjang Gelombang	Kecepatan

Pemantulan Gelombang

No	Penghalang	Gambar
1	Datar	
2	Datar miring	
3	Cekung	
4	Cembung	

Pembiasan Gelombang

No	Kemiringan	Panjang gelombang permukaan dalam	Kecepatan permukaan dalam	Panjang Gelombang Permukaan dangkal	Kecepatan permukaan dangkal	Gambar
1	15°					
2	30°					
3	45°					

Interferensi Gelombang

Gambar	Keterangan
	Konstruktif:  Desktruktif:

Difraksi Gelombang

No	Lebar Celah	Gambar
1		
2		
3		

### Percobaan 3: Percobaan Melde

#### A. Tujuan

1. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan gelombang pada tali.
2. Mengetahui hubungan antara cepat rambat gelombang dengan ( $v$ ) dengan gaya tegang tali ( $F$ )
3. Mengukur panjang gelombang stasioner pada tali

#### B. Teori

Gelombang adalah getaran yang merambat. Di dalam perambatannya tidak diikuti oleh berpindahnya partikel-partikel perantaranya. Pada hakekatnya, gelombang merupakan rambatan energi (energi getaran).

Gelombang dibedakan menjadi dua jenis menurut mediumnya. Yaitu gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa melalui medium atau perantara. Contoh gelombang elektromagnetik adalah gelombang cahaya dan gelombang bunyi. Sedangkan gelombang yang merambat melalui suatu medium atau perantara yaitu gelombang mekanik.

Terdapat dua jenis gelombang mekanik, berdasarkan arah gerakan partikel terhadap arah perambatan gelombang, yaitu :

- a. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah perambatannya searah dengan arah getaran partikelnya. Contoh gelombang longitudinal adalah gelombang pada pegas.
- b. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah perambatannya tegak lurus dengan arah getaran partikelnya. Contoh gelombang transversal adalah gelombang pada tali

Gelombang stasioner biasa juga disebut gelombang tegak, gelombang berdiri atau gelombang diam, adalah gelombang yang terbentuk dari perpaduan atau interferensi dua buah gelombang yang mempunyai amplitudo dan frekuensi yang sama, tapi arah rambatnya berlawanan. Amplitudo pada gelombang stasioner tidak konstan, besarnya amplitudo pada setiap titik sepanjang gelombang tidak sama. Pada simpul amplitudo nol, dan pada perut gelombang amplitudo maksimum.

Periode gelombang ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk menempuh satu panjang gelombang penuh. Panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak yang ditempuh dalam waktu satu periode. Frekuensi gelombang adalah banyaknya gelombang yang terjadi tiap satuan waktu. Cepat rambat gelombang ( $v$ ) adalah jarak yang ditempuh gelombang tiap satuan waktu. Secara umum, cepat rambat gelombang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$v = \lambda f$$

Dimana :

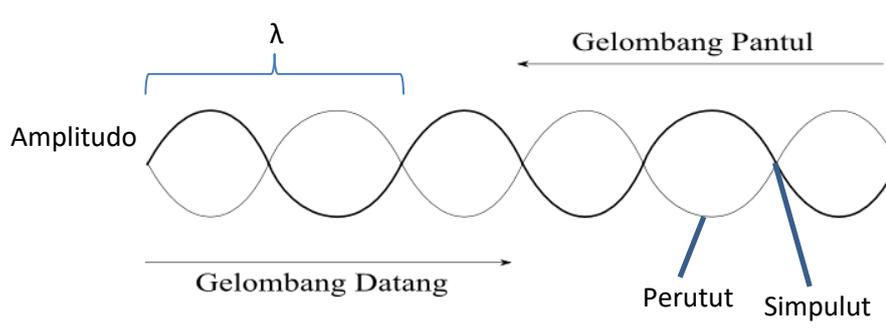
$v$  = cepat rambat gelombang (m/s)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$f$  = frekuensi (Hz)

### HUKUM MELDE

Dalam percobaan ini akan dibahas interferensi gelombang pada tali yang diakibatkan oleh dua buah gelombang, yaitu gelombang yang datang dan gelombang pantul. Hasil interferensi gelombang pada tali yang simpul dan perut yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Gelombang stationer

Bila seutas tali dengan tegangan tertentu digetarkan secara terus menerus maka akan terlihat suatu bentuk gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambat gelombang. Gelombang ini dinamakan gelombang transversal. Jika kedua ujungnya tertutup, gelombang pada tali itu akan terpantul-pantul dan dapat menghasilkan gelombang stasioner yang tampak berupa simpul dan perut gelombang.

Pada percobaan melde, besarnya cepat rambat gelombang dinyatakan berbanding lurus dengan akar tegangan tali, berbanding lurus dengan akar panjang tali dan berbanding terbalik dengan akar massa tali. Sehingga persamaan cepat rambat gelombang dalam percobaan Melde dapat dirumuskan:

dimana :

$v$  = cepat rambat gelombang (m/s)

$F$  = gaya ketegangan tali (N)

$\mu$  = rapat massa linier tali (massa tali/panjang tali) (kg/m)

$l$  = panjang tali (m)

$m$  = massa tali (kg)

### C. Alat dan Bahan

1. Audio/Frequency Generator (AFG)
2. Kabel konektor

3. Penggetar
4. Tali (2 jenis)
5. Beban bergantung
6. Clamp G
7. Katrol
8. Meteran

#### D. Langkah percobaan

##### Variasi Beban

1. Ukur massa panjang dan massa tali.
2. Timbang beban yang dipakai.
3. Hubungkan AFG, penggetar, tali, katrol, dan beban bergantung seperti gambar berikut ini.
4. Catat frekuensi yang dipakai
5. Nyalakan AFG. Atur amplitudonya agar terlihat gelombang stasioner pada tali.
6. Ukur panjang gelombang stasioner yang dihasilkan dengan cara mengukur jarak 2 simpul.
7. Lakukan langkah 1-6 pada beban yang berbeda.

##### Variasi jenis tali

8. Lakukan langkah 1-7 pada jenis tali yang berbeda.

#### E. Data

##### Percobaan 1

Frekuensi	:	
Jenis Tali	:	
Massa Tali	:	
Panjang Tali	:	
Rapat massa linier tali:		

No	Massa beban	Tegangan Tali	Jarak 2 simpul	Panjang gelombang	Kecepatan gelombang (percobaan) <rumus 1>	Kecepatan gelombang (teori) <rumus 2>
1						
2						
3						
4						
5						

### Percobaan 2

Frekuensi	:	
Jenis Tali	:	
Massa Tali	:	
Panjang Tali	:	
Rapat massa linier tali:		

No	Massa beban	Tegangan Tali	Jarak 2 simpul	Panjang gelombang	Kecepatan gelombang (percobaan) <rumus 1>	Kecepatan gelombang (teori) <rumus 2>
1						
2						
3						
4						
5						

### Percobaan 4: Pemantulan Cahaya Pada Cermin Cekung

#### A. Tujuan

1. Mempelajari sifat-sifat pemantulan cahaya pada cermin cekung
2. Menentukan fokus cermin cekung

#### B. Teori

Cermin cekung adalah cermin dimana bagian yang memantulkan cahaya, permukaannya berupa cekungan, dan berupa bagian dalam dari sebuah bola.

Cermin cekung bersifat konvergen, yaitu bersifat mengumpulkan sinar. Berkas sinar sejajar sumbu utama dipantulkan mengumpul pada satu titik yang dinamakan titik fokus. Cermin cekung di sebut juga cermin konkaf atau cermin positif. Perhatikan gambar berikut.

Gambar 1 Cermin Cekung

Titik  $M$  di sebut titik pusat kelengkungan cermin dan titik  $O$  di sebut verteks. Garis yang melalui titik  $O$  dan  $M$  di sebut sumbu utama cermin. Setengah dari  $MO$  adalah  $FO$ , di mana

dengan  $f$  adalah jarak fokus cermin dan  $R$  adalah jarak pusat kelengkungan cermin ke vertex.

Ada 3 sinar istimewa yang dapat digunakan untuk menentukan letak bayangan sebuah benda yang berada di depan cermin cekung yaitu:

- a. Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus
- b. Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama
- c. Sinar datang menuju pusat kelengkungan akan dipantulkan kembali

Gambar 2 Sinar Istimewa Pada Cermin Cekung

Cara menentukan bayangan dan sifat-sifat bayangan pada cermin cekung ditugaskan kepada mahasiswa.

Hubungan antara komponen-komponen cermin cekung dirumuskan sebagai berikut.

$$f = \frac{R}{2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

Keterangan:

$f$  = fokus

$R$  = jari-jari kelengkungan

$s$  = jarak benda

$s'$  = jarak bayangan

$M$  = perbesaran

$h$  = tinggi benda

$h'$  = tinggi bayangan

**C. Alat dan Bahan**

1. Bangku Optik / penggaris
2. Cermin cekung
3. Lilin
4. Layar
5. Korek api

**D. Langkah percobaan**

1. Rangkai alat dan bahan sebagaimana gambar berikut.
2. Tempatkan lilin sebagai benda pada jarak yang relatif dekat di depan cermin (misal 10 cm). Catat jarak antara cermin dan benda sebagai jarak benda ( $s$ ).
3. Geser-geser posisi layar (mendekat atau menjauhi benda) sampai ditemukan bayangan yang paling tajam. Catat jarak antara cermin dan bayangan sebagai jarak bayangan ( $s'$ ).
4. Lakukan langkah 2-3 dengan menggeser lilin menjauhi cermin dengan 10 kali jarak  $s$  yang berbeda
5. Catat pengamatan pada tabel. Temukan nilai fokusnya.
6. Bandingkan nilai fokus yang diperoleh melalui percobaan dengan teori.
7. Lakukan langkah 1-6 menggunakan cermin cekung lain.

**E. Data**

No	$s$ ( )	$s'$ ( )	$f$ ( )

Pertanyaan:

1. Bagaimana sifat-sifat bayangan yang terbentuk pada tiap-tiap ruang?

2. Temukan dari mana diperoleh persamaan berikut!

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

3. Jelaskan kegunaan cermin cekung dan mengapa perlu mengetahui nilai titik fokusnya!

## Percobaan 5: Pembiasan Pada Kaca Plan Paralel

### A. Tujuan

1. Mempelajari sifat-sifat pembiasan cahaya pada kaca plan paralel
2. Menentukan indeks bias kaca plan paralel

### B. Teori

Kaca plan paralel atau yang biasa disebut balok kaca merupakan keping kaca tiga dimensi yang kedua sisinya dibuat sejajar. Berkas cahaya yang mengenai kaca plan paralel akan dibiaskan dua kali, yaitu pembiasan ketika memasuki kaca plan paralel dan pembiasan ketika keluar dari kaca plan paralel.

Pada saat sinar memasuki kaca (1-2)

Sinar datang ( $i$ ) dari udara (medium renggang) ke kaca (medium rapat) maka akan dibiaskan ( $r$ ) mendekati garis normal ( $N$ ).

Pada saat sinar keluar dari kaca:

Sinar datang ( $i'$ ) dari kaca (medium rapat) ke udara (medium renggang) maka akan dibiaskan ( $r'$ ) menjauhi garis normal ( $N$ )

Hal ini mematuhi hukum pembiasan cahaya, yakni

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$$

Selain itu, sinar yang keluar dari kaca planparalel mengalami pergeseran dari arah sinar semula, besar pergeseran arah sinar tersebut memenuhi persamaan berikut :

Keterangan :

$d$  = tebal balok kaca, (cm)

$i$  = sudut datang, ( $^{\circ}$ )

$r$  = sudut bias, ( $^{\circ}$ )

$t$  = pergeseran cahaya, (cm)

### C. Alat dan Bahan

1. Kaca plan paralel
2. Kertas putih polos
3. Jarum pentul
4. Busur derajat
5. Pensil
6. Pulpen

7. Penggaris
8. Sterofoam dan meja

#### D. Langkah percobaan

1. Letakkan kaca plan paralel diatas kertas putih dan tandai batas-batasnya.
2. Buat garis vertikal yang tegak lurus dengan kaca plan paralel sebagai garis normal.
3. Buat garis sinar datang dengan sudut  $25^\circ$  terhadap garis normal. Sudut ini disebut sudut datang ( $i$ ).
4. Tancapkan jarum A pada garis sinar datang.
5. Amati posisi jarum A dari sisi lain kaca plan paralel.
6. Tancapkan jarum B dan C pada titik tertentu sehingga kedudukan jarum B dan C menutupi pengamatan pada jarum A.
7. Buat garis yang melewati jarum B dan C hingga tepi kaca plan paralel. Garis tersebut merupakan garis yang meninggalkan kaca plan paralel.
8. Buat garis yang menghubungkan titik sudut datang dengan titik sinar yang meninggalkan kaca plan paralel. Garis ini adalah garis sinar bias.
9. Ukur sudut bias ( $r$ ) dengan busur derajat.
10. Perpanjang sinar datang. Ukur besarnya pergeseran ( $t$ ) dengan penggaris.
11. Ulangi percobaan sebanyak 5 kali dengan sudut datang yang berbeda ( $30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, \text{ dan } 45^\circ$ ).
12. Hitung nilai indeks bias dan pergeseran secara teoritis.
13. Buat grafik hubungan sinus  $i$  dengan  $r$ . Temukan indeks bias dengan garis regresi

#### E. Data

##### Kaca Plan Paralel

No	$i$	$r$	$t$	$n$	$t$ teori
1					
2					
3					
4					
5					

#### Pertanyaan

1. Jelaskan bagaimana rumus ini diperoleh!

2. Jelaskan kegunaan mengetahui sifat-sifat pembiasan pada kaca plan paralel!

## Percobaan 6: Pembiasan Cahaya Pada Prisma

### A. Tujuan

1. Mempelajari sifat-sifat pembiasan cahaya pada prisma
2. Menentukan indeks bias prisma
3. Membandingkan sudut deviasi secara teori maupun percobaan
4. Membandingkan sudut puncak secara teori maupun percobaan

### B. Teori

Prisma adalah benda bening (transparan) terbuat dari gelas yang dibatasi oleh dua bidang permukaan yang membentuk sudut tertentu yang berfungsi menguraikan (sebagai pembias) sinar yang mengenainya. Permukaan ini disebut bidang pembias, dan sudut yang dibentuk oleh kedua bidang pembias disebut sudut pembias ( $\beta$ ) atau sudut puncak bila mengacu pada bentuk segitiga.

Cahaya yang melalui prisma akan mengalami dua kali pembiasan, yaitu saat memasuki prisma dan meninggalkan prisma. Jika sinar datang yang pertama dan sinar bias yang terakhir diperpanjang, maka keduanya akan berpotongan di suatu titik dan membentuk sudut yang disebut sudut deviasi ( $\delta$ ).

### Gambar 1 Pembiasan Cahaya Pada Prisma

Sudut puncak prisma atau biasa disebut sudut pembias prisma ( $\beta$ ), dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\beta = r_1 + i_2$$

dengan :

$\beta$  = sudut puncak prisma ( $^{\circ}$ )

$r_1$  = sudut bias pertama (saat berkas sinar memasuki bidang batas udara-prisma ( $^{\circ}$ ))

$i_2$  = sudut datang kedua (saat berkas sinar memasuki bidang batas prisma-udara ( $^{\circ}$ ))

Sementara sudut deviasi dapat diperoleh dengan rumus:

$$\delta = (i_1 + r_2) - \beta$$

dengan:

$\delta$  = sudut deviasi

$i_1$  = sudut datang pertama ( $^{\circ}$ )

$r_2$  = sudut bias kedua ( $^{\circ}$ )

$\beta$  = sudut pembias

Sudut deviasi berharga minimum ( $\delta = 0$ ) jika sudut datang pertama ( $i_1$ ) sama dengan sudut bias kedua ( $r_2$ ).

Secara matematis dapat dituliskan syarat terjadinya deviasi minimum ( $\delta_m$ ) adalah  $i_1 = r_2$  dan  $r_1 = i_2$ , sehingga dapat diperoleh

$$\begin{aligned}\delta_m &= (i_1 + i_2) - \beta \\ \delta_m &= 2i_1 - \beta\end{aligned}$$

$$i_1 = (\delta + \beta) / 2$$

Selain itu, deviasi minimum juga bisa terjadi jika  $r_1 = i_2$ , maka dapat diperoleh:

$$\begin{aligned}\beta &= r_1 + r_1 = 2r_1 \\ r_1 &= \frac{1}{2} \beta\end{aligned}$$

### C. Alat dan Bahan

1. Prisma kaca
2. Kertas putih dan stereofom
3. Pensil dan pulpen
4. Penggaris
5. Busur derajat
6. 4 jarum pentul

### D. Langkah percobaan

1. Letakkan prisma pada tempat yang terang (cukup cahaya) di atas kertas putih.
2. Tandai batas-batas prisma pada kertas tersebut.
3. Buat garis untuk sinar datang pada salah satu sisi prisma. Buat garis normal dan ukur sudut datang ( $i_1$ ).
4. Tancapkan dua jarum pentul A dan B pada garis sinar datang tersebut.
5. Amati jarum pentul di sisi prisma yang lain.
6. Tancapkan jarum pentul C dan D sehingga menghalangi pengamatan jarum pentul A dan B.
7. Tarik garis lurus dari tepi prisma melewati jarum pentul C dan D. Buat garis normal dan tandai sudut bias ( $r_2$ ).
8. Buat garis yang menghubungkan  $i_1$  dan  $r_2$ . Tandai sudut bias  $r_1$  dan sudut datang  $i_2$  (yang ada di dalam prisma).
9. Perpanjang garis sinar datang ( $i_1$ ) dan sinar pantul ( $i_2$ ) hingga kedua garis berpotongan. Beri tanda sudut deviasi ( $\delta$ ) pada titik perpotongan, kemudain ukur besar sudutnya.
10. Lakukan langkah 1-8 di kertas lain dengan 3 sudut datang yang berbeda.
11. Catat hasilnya pada tabel

### E. Data

#### Prisma

Sudut Puncak  $\beta =$

No	$i_1$	$r_1$	$i_2$	$r_2$	$\delta$
1					
2					
3					

#### Analisis

No	$n$	$\delta$ percobaan	$\delta$ teori	Kesalahan	$\beta$ percobaan	$\beta$ teori	Kesalahan
1							
2							
3							

## Percobaan 7: Alat Musik

### A. Tujuan

1. Memahami konsep tentang pipa organa terbuka dan tertutup
2. Menganalisis variabel-variabel yang menentukan karakteristik bunyi

### B. Teori

Pipa organa adalah alat yang memanfaatkan kolom udara sebagai sumber bunyi. Kolom udara dapat beresonansi, artinya dapat bergetar. Sifat ini digunakan pada alat musik yang disebut organa, baik organa dengan pipa tertutup maupun pipa terbuka.

Gambar 1 Pipa organa pada seruling

Dikatakan pipa organa terbuka, karena pipa organa tersebut memiliki kolom udara atau tabung yang kedua ujungnya terbuka. Kedua ujungnya berfungsi sebagai perut gelombang karena bebas bergerak dan di tengahnya ada simpul. Sementara disebut pipa organa tertutup jika salah satu ujung kolom udaranya tertutup. Ujung yang tertutup ini berfungsi sebagai simpul.

Gambar 2 Rumus-rumus pipa organa terbuka dan tertutup

Nada adalah bunyi yang memiliki frekuensi getaran yang teratur. Ada tujuh nada dalam satu tangga nada dan masing-masing nada memiliki frekuensinya sendiri-sendiri.

Gambar 3 Frekuensi nada

Dengan demikian, tinggi atau rendahnya nada bergantung pada tinggi rendahnya frekuensi yang dihasilkan. Semakin tinggi frekuensinya, semakin tinggi nadanya. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah frekuensinya semakin rendah nadanya.

### C. Alat dan Bahan

1. Pipa paralon panjang dengan 3 panjang yang berbeda (misal 15 cm, 30 cm, dan 45 cm)
2. Botol 2 jenis masing-masing minimal 4 buah dengan ukuran sama
3. Air
4. Penggaris
5. Sendok
6. Plastik

### D. Langkah percobaan

Pipa organa terbuka dan tertutup

1. Tiuplah pipa paralon yang terpendek hingga menghasilkan nada/bunyi. Dengar dan ingat-ingat bagaimana bunyinya.
2. Tutup ujung pipa paralon (pada kegiatan no 1) dengan plastik. Tiuplah kembali hingga menghasilkan nada. Dengar dan ingat-ingat bagaimana bunyinya. Bandingkan dengan hasil kegiatan no 1.
3. Lakukan kegiatan 1 dan 2 pada pipa paralon yang berbeda.

Nada pada botol

4. Isi air ke dalam 4 botol yang sama ukurannya dengan tinggi air yang berbeda, sehingga botol memiliki tangga nada (do re mi fa).
5. Bunyikan masing-masing botol dengan cara ditiup. Bagaimanakah urutan nadanya? Catat pada tabel
6. Bunyikan masing-masing botol dengan cara dipukul. Bagaimanakah urutan nadanya? Catat pada tabel. Bandingkan dengan hasil pada kegiatan 5.
7. Mengganti jenis botol, kemudian melakukan cara kerja 1-6

#### E. Data

Pipa organa terbuka dan tertutup

Jenis Botol:

Tinggi

Panjang Pipa	Tanpa ditutup plastik	Ditutup plastik
Pendek: cm		
Sedang: cm		
Panjang: cm		

1. Bagaimanakah pengaruh panjang pipa paralon terhadap nada yang dihasilkan?
2. Bagaimanakah pengaruh ditutupnya pipa paralon dengan plastik terhadap nada yang dihasilkan?
3. Buatlah kesimpulan?

Botol ditiup / dipukul

Jenis Botol:

A. Botol	Tinggi Air	Urutan Nada	
		Ditiup	Dipukul
1			
2			
3			
4			

1. Bandingkan urutan nada antara botol-botol yang dibunyikan dengan cara ditiup dan dipukul!
2. Berikan penjelasan!

## Daftar Pustaka

-. (2016). *Panduan Contoh Percobaan Optika Untuk SMP, MTs, dan Sekolah Sederajat*. Puduk Scientific.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of physics*. John Wiley & Sons.

## Data Penunjang

### Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Zat Perantara	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
Gas karbon	267
Udara pada suhu 0° C	332
Udara pada suhu 15° C	340
Udara pada suhu 25° C	347
Hidrogen	1.286
Alkohol	1.213
Timbal	1.300
Air pada suhu 15° C	1.440
Emas	2.030
Aluminium	5.000
Baja	5.100
Besi	5.120
Kaca	4.000 - 5.500
Kayu pinus	3.313

### Tabel Indeks Bias Beberapa Zat

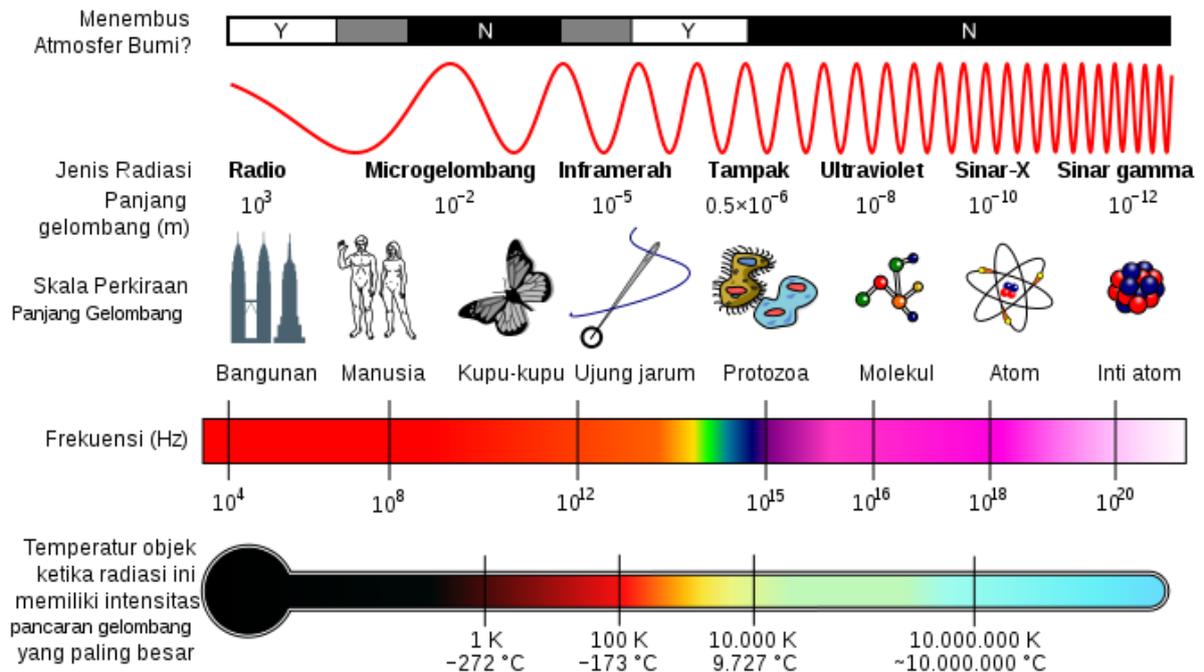
Medium	$n = c/v$
Udara hampa	1,0000
Udara (pada STP)	1,0003
Air	1,333
Es	1,31
Alkohol etil	1,36
Gliserol	1,48
Benzena	1,50
Kaca	
Kuarsa lebur	1,46
Kaca korona	1,52
Api cahaya/kaca flinta	1,58
Lucite atau plexiglass	1,51
Garam dapur (Natrium Klorida)	1,53
Berlian	2,42

## Tabel Frekuensi dan Panjang Gelombang Elektromagnetik



IndoCropCircles.wordpress.com

Warna	Frekuensi	Panjang gelombang
nila-ungu	668–789 THz	380–450 nm
biru	606–668 THz	450–495 nm
hijau	526–606 THz	495–570 nm
kuning	508–526 THz	570–590 nm
jingga	484–508 THz	590–620 nm
merah	400–484 THz	620–750 nm



## O17. PENGURAIAN CAHAYA

### Kompetensi Inti

4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

### Kompetensi Dasar

- 4.11 Membuat laporan hasil penyelidikan tentang pembentukan bayangan pada cermin, lensa dan alat optik.

### Tujuan Percobaan

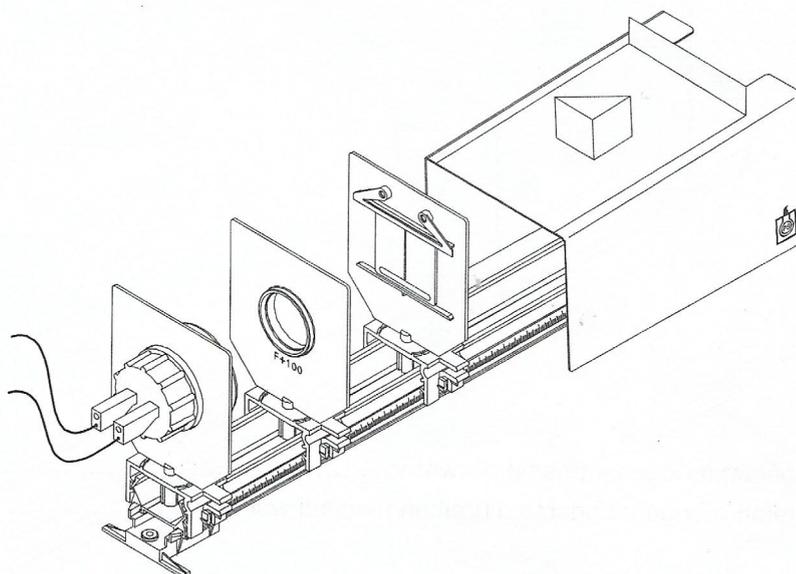
Mengamati penguraian cahaya oleh prisma.

### Alat/Bahan Yang Digunakan

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.01/65	Meja optik	1
FPT 16.02/66	Rel presisi	1
FPT 16.09/79	Diafragma 1 celah	1
FPT 16.17/87	Tumpakan berpenjepit	3
FPT 16.14/84	Lensa +100 mm	1
FPT 16.19/89	Prisma siku-siku	1

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.06/76	Rumah lampu	1
FPT 16.07/77	Pemegang slaid diafragma	1
GSE 100	Catu daya	1
KAL 99	Kabel penghubung	2
-	Kertas HVS	1

### Persiapan Percobaan



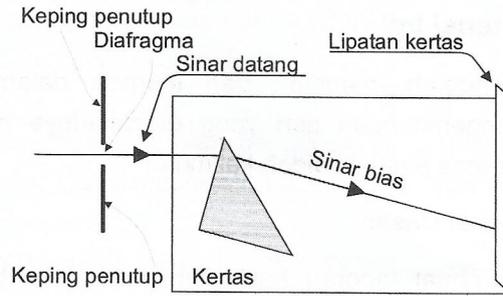
Gambar 1

### Keterangan

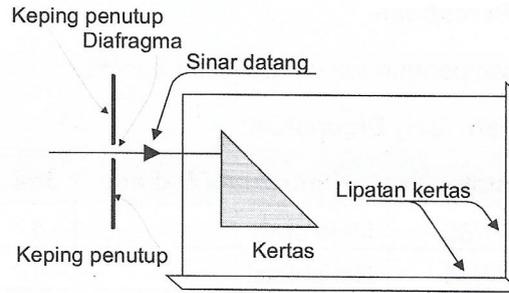
1. Lakukan langkah-langkah Pengaturan Sinar Sejajar terlebih dahulu agar didapat sinar sinar sejajar keluar dari lensa +100 mm.
2. Susun peralatan sesuai dengan Gambar 1 dengan urutan: sumber cahaya, lensa, diafragma, meja optik.
3. Lipat ujung kertas sehingga lipatan tersebut berdiri tegak setinggi  $\pm 2$  cm. Letakkan kertas tersebut di atas meja optik, kemudian letakkan prisma siku-siku di atas kertas tersebut (lihat Gambar 1). Ujung kertas yang terlipat tegak akan digunakan untuk menangkap sinar bias yang keluar dari prisma.

**Langkah-langkah Percobaan**

1. Nyalakan sumber cahaya. Atur letak prisma agar sinar yang keluar dari prisma (sinar bias) mengenai lipatan kertas.
2. Atur kedudukan prisma (meja optik), sampai diperoleh penguraian cahaya pada lipatan kertas.
3. Catat warna-warna pada lipatan kertas secara berurutan.
4. Sambil memperhatikan sinar yang mengenai lipatan, putarlah prisma perlahan-lahan. Pertama-tama putar searah putaran jarum jam, kemudian kebalikannya. Amati apa yang terjadi. Tuliskan hasilnya pada bagian hasil pengamatan di bawah.



Gambar 2



Gambar 3

5. Buatlah lipatan pada kertas di sepanjang sisi panjangnya. Atur posisi prisma sehingga salah satu sisi tegaknya menghadap tegak lurus terhadap sinar datang (Gambar 3).
6. Amati arah sinar bias. Gambarlah arah sinar bias dan letak sinar pada lipatan kertas. Terlihat jugakah warna-warna?

**Hasil Pengamatan**

**Kesimpulan**

1. Berkas cahaya sebelum mengenai prisma berwarna .....
2. Berkas cahaya setelah mengenai prisma diuraikan menjadi warna-warna .....

## O18. MATA

### Kompetensi Inti

4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

### Kompetensi Dasar

- 4.11 Membuat laporan hasil penyelidikan tentang pembentukan bayangan pada cermin, lensa dan alat optik.

### Tujuan Percobaan

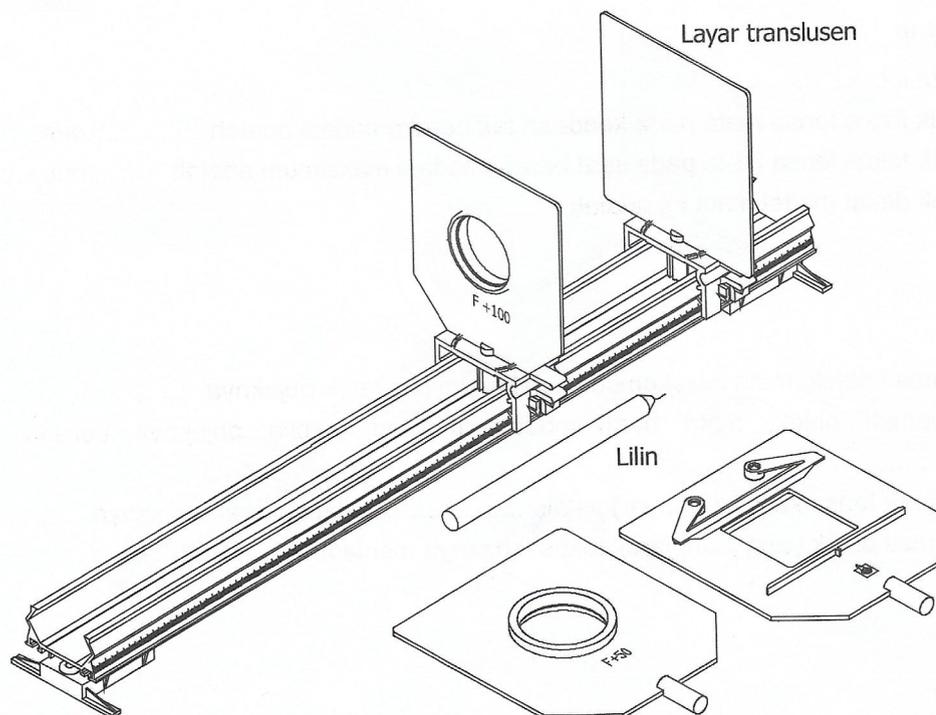
Mensimulasi (meniru) pembentukan bayangan pada model mata (normal).

### Alat/Bahan Yang Digunakan

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.02/66	Rel presisi	1
FPT 16.07/77	Pemegang slaid diafragma	1
FPT 16.12/82	Layar translusen	1
FPT 16.13/83	Lensa +50 mm	1

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.14/84	Lensa +100 mm	1
FPT 16.17/87	Tumpakan berpenjepit	3
FPT 16.25/95	Diafragma anak panah	1
-	Lilin	1

### Persiapan Percobaan



Gambar 1

### Keterangan

1. Pasang ketiga tumpakan berpenjepit pada posisi, 15 , 25 dan 35 cm pada rel presisi.
2. Letakkan lilin pada jarak kira-kira  $\pm 3$  meter atau lebih dari ujung rel presisi. Atur letak lilin sedemikian sehingga posisinya segaris lurus dengan pemegang slaid diafragma, lensa dan layar.

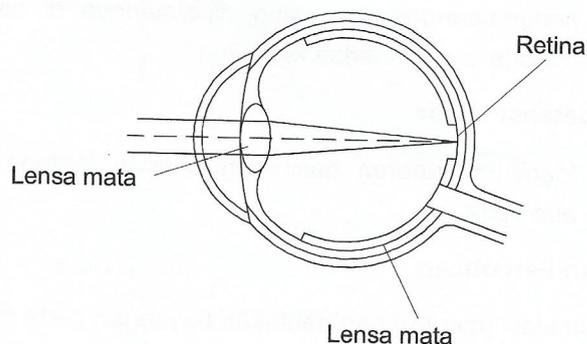
### Langkah-langkah Percobaan

1. Nyalakan lilin (sebagai objek 1 yang jauh letaknya).
2. Geser-geser lensa 100 mm menjauhi/mendekati layar hingga didapat bayangan yang tajam pada layar. Dalam keadaan ini disebut mata berakomodasi minimum.

#### Perumpamaan:

Lensa fokus 100 mm diumpamakan sebagai lensa mata.

Layar tembus cahaya diumpamakan sebagai retina mata.



Gambar 2

3. Pasang pemegang slaid diafragma pada tumpukan berpenjepit di posisi  $\pm 10$  cm dari lensa.
4. Pasang diafragma anak panah pada pemegang slaid diafragma (sebagai objek 2).
5. Amati keadaan bayangan objek 2 pada layar tembus cahaya. Apakah bayangan tetap tajam? Dalam keadaan ini mata masih berakomodasi minimum (bayangan tak jelas).
6. Gantilah lensa 100 mm menjadi lensa 50 mm.
7. Amati keadaan bayangan objek 2 pada layar tembus cahaya (retina mata). Apakah bayangannya kembali menjadi tajam/jelas? Dalam keadaan sekarang mata disebut berakomodasi maksimum.

### Hasil Pengamatan

Pada model mata ini:

- a. Jarak titik fokus lensa mata pada keadaan tak berakomodasi adalah .....mm.
- b. Jarak titik fokus lensa mata pada saat berakomodasi maksimum adalah .....mm.
- c. Jarak titik dekat model mata ini adalah ..... mm.

### Kesimpulan

1. Saat mengamati objek, mata berakomodasi minimum bila letak objeknya .....
2. Saat mengamati objek, mata berakomodasi maksimum bila objeknya berada pada jarak .....
3. Pada mata jarak lensa ke retina (layar) selalu ..... tetapi ukuran lensanya .....
4. Saat mengamati objek yang jauh, jarak fokus lensanya menjadi .....

## O19. CACAT MATA

### Kompetensi Inti

- Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

### Kompetensi Dasar

- Membuat laporan hasil penyelidikan tentang pembentukan bayangan pada cermin, lensa dan alat optik.

### Tujuan Percobaan

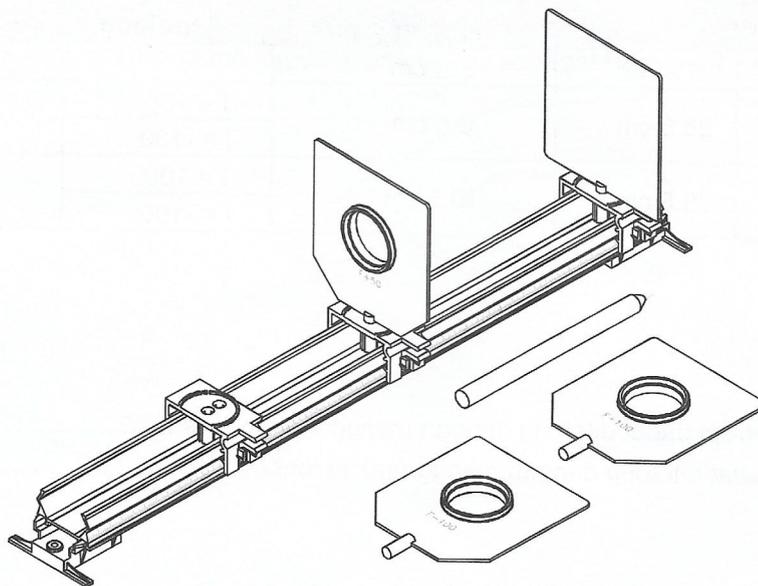
Mensimulasi jenis cacat mata dan cara untuk menolong cacat mata.

### Alat / Bahan Yang Digunakan

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.02/66	Rel presisi	1
FPT 16.12/82	Layar	1
FPT 16.14/84	Lensa +100 mm	1
FPT 16.13/83	Lensa +50 mm	1

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.16/86	Lensa -100 mm	1
FPT 16.17/87	Tumpakan berpenjepit	3
-	Lilin	1

### Persiapan Percobaan



Gambar 1

### Keterangan

- Pasang tumpakan berpenjepit pada rel posisi masing-masing pada posisi 25 dan 40 cm.
- Pasang lensa +50 mm pada tumpakan berpenjepit posisi 25 cm. Lensa ini diumpamakan sebagai "lensa mata".
- Pasang layar tembus cahaya pada tumpakan berpenjepit posisi 40 cm. Layar ini diumpamakan sebagai "retina".

### Langkah-langkah Percobaan

1. Arahkan ujung rel presisi (posisi nol) ke sumber cahaya terang (jendela) dengan jarak 3 – 4 meter.
2. Geser layar tembus cahaya sehingga terbentuk bayangan tajam (jelas). Catat jarak antara lensa dan layar tembus cahaya ke dalam tabel di bawah.

**Catatan:**

Model percobaan di atas mengumpamakan keadaan mata normal dengan fokus lensa 50 mm sebagai lensa mata.

3. Geser layar pada posisi 28,5 cm (jarak lensa ke layar = 3,5 cm). Apakah bayangan dari jendela masih tajam?

**Catatan:**

Keadaan ini menggambarkan cacat mata hipermetropi.

4. Pasang lensa penolong 100 mm di depan lensa 50 mm (lensa mata), kemudian geser hingga pada layar terbentuk bayangan tajam kembali. Kalau tidak terbentuk bayangan, ganti dengan lensa - 100 mm.
5. Lepaskan lensa penolong. Geser layar pada posisi 35,5 cm (jarak lensa 100 mm dan layar = 10,5 cm). Apakah bayangan dari jendela masih tajam? Catatan: Keadaan ini menggambarkan cacat mata miopi.
6. Pasang lensa penolong 100 mm di depan lensa 50 mm (lensa mata), kemudian geser hingga pada layar terbentuk bayangan tajam kembali. Kalau tidak terbentuk bayangan ganti dengan lensa - 100 mm.

### Hasil Pengamatan

No.	Posisi		Jarak lensa 50 mm dengan layar	Lensa Penolong	Jenis Lensa Penolong
	Lensa 50 mm	Layar			
1.	25 cm	..... cm	..... cm	-	-
2.	25 cm	28,5 cm	3,5 cm	f = 100	...
				f = -100	
3.	25 cm	35,5 cm	10,5 cm	f = 100	...
				f = -100	

### Kesimpulan

1. Cacat mata hipermetropi dapat ditolong dengan menggunakan lensa.....
2. Cacat mata miopi dapat ditolong dengan menggunakan lensa .....

## O20. LUP

### Kompetensi Inti

4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

### Kompetensi Dasar

- 4.11 Membuat laporan hasil penyelidikan tentang pembentukan bayangan pada cermin, lensa dan alat optik.

### Tujuan Percobaan

Mempelajari sifat perbesaran pada lup.

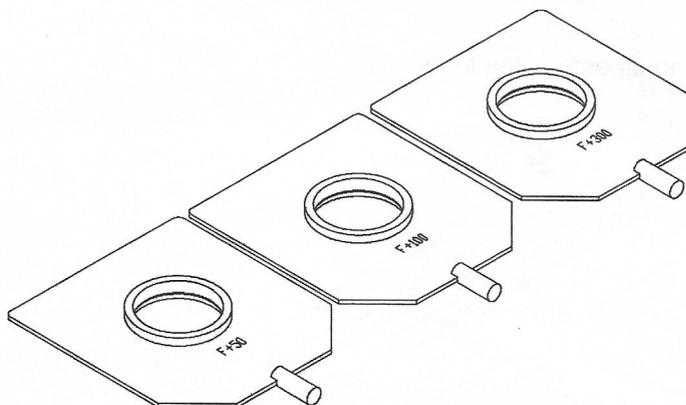
### Alat/Bahan Yang Digunakan

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.13/83	Lensa +50 mm	1
FPT 16.14/84	Lensa +100 mm	1

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.15/85	Lensa +200 mm	1

### Persiapan Percobaan

Ketika sebuah benda diletakkan pada jarak lebih kecil dari fokus lensa maka akan terbentuk bayangan maya diperbesar yang dapat dilihat melalui lensa. Lensa cembung yang digunakan untuk melihat benda sehingga terlihat lebih besar dari aslinya disebut kaca pembesar. Pada percobaan ini kamu akan menyelidiki sifat perbesaran lensa cembung yang digunakan sebagai kaca pembesar.



Gambar 1

### Langkah-langkah Percobaan

1. Peganglah sehelai kertas dengan tulisan sangat kecil kira-kira 50 cm dari mata kemudian perlahan-lahan dekatkan kertas tersebut ke mata.  
*Pada jarak 50 cm, 25 cm dan 10 cm apa yang dapat kamu amati? Tuliskan hasil pengamatanmu?*
2. Lihatlah tulisan tersebut dari ketinggian 10 cm kemudian peganglah lensa  $f = +100$  mm di antara kertas dan mata kamu.  
*Tuliskan hasil pengamatanmu!*
3. Aturlah jarak lensa sedemikian sehingga kamu dapat mengamati dengan nyaman bayangan benda diperbesar.  
*Sekarang lensa berfungsi sebagai kaca pembesar, seberapa jauhkan lensa dari tulisan?*
4. Bandingkan jarak tadi dengan jarak fokus lensa, tuliskan hasilnya pada bagian **Hasil Pengamatan!**
5. Ulangi langkah diatas untuk jarak fokus lensa yang berbeda sesuai dengan yang tersedia di dalam kit.

### Hasil Pengamatan

### Kesimpulan

Bagaimanakah sifat bayangan yang dibentuk oleh lup?

## O21. TEROPONG BINTANG

### Kompetensi Inti

- Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

### Kompetensi Dasar

- Membuat laporan hasil penyelidikan tentang pembentukan bayangan pada cermin, lensa dan alat optik.

### Tujuan Percobaan

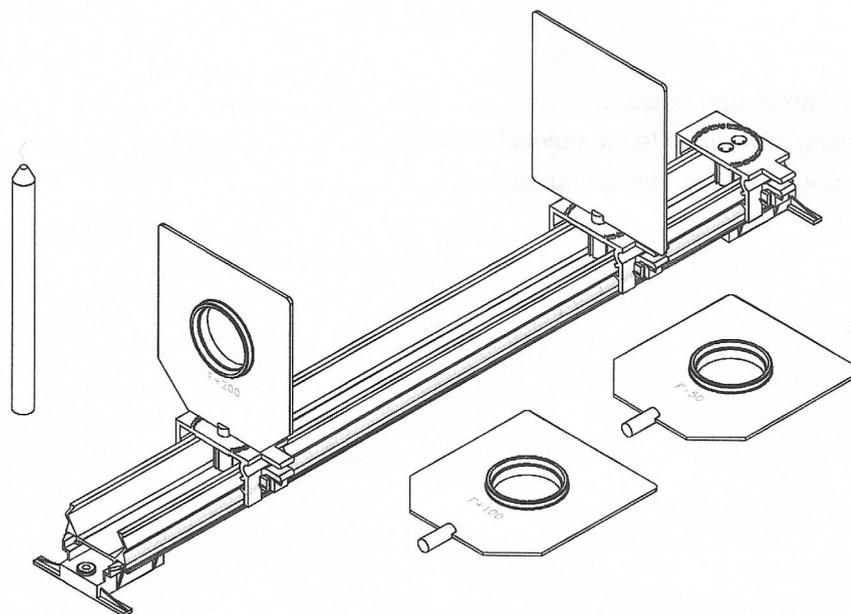
Mempelajari azas kerja teropong bintang

### Alat/Bahan Yang Digunakan

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.02/66	Rel presisi	1
FPT 16.12/82	Layar	1
FPT 16.04/68	Kaki rel	2
FPT 16.13/83	Lensa +50 mm	1
FPT 16.14/84	Lensa +100 mm	

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.17/87	Tumpakan berpenjepit	3
FPT 16.15/85	Lensa +200 mm	1
-	Lilin	1

### Persiapan Percobaan



Gambar 1

### Keterangan

- Susun alat-alat seperti gambar di atas.
- Gunakan lensa +200 mm sebagai lensa obyektif.
- Letakkan lilin pada jarak 3-4 meter dari ujung rel presisi.

### Langkah-langkah Percobaan

1. Atur letak lilin agar nyala apinya segaris dengan pusat lensa.
2. Geser layar tembus cahaya hingga diperoleh bayangan tajam (jelas) pada layar tersebut.
3. Pasang lensa +50 mm (sebagai lensa okuler) pada tumpukan berpenjepit, 5 cm di belakang layar. Lensa ini berfungsi sebagai lup untuk melihat bayangan maya yang tajam (jelas) dan diperbesar.
4. Lepaskan layar tembus cahaya, kemudian amati kembali bayangan lilin dari lensa okuler. Bagaimana sifat bayangannya? Susunan kedua lensa ini merupakan model teropong bintang.
5. Ganti lensa okuler 50 mm dengan lensa okuler 100 mm dan ulangi langkah-langkah 1 sampai dengan 4.
6. Ganti lensa obyektif 200 mm dengan lensa 100 mm, lensa okulernya diganti dengan lensa 50 mm. Lakukan kembali langkah 1 sampai dengan 4.

### Hasil Pengamatan

### Kesimpulan

1. Teropong bintang terdiri dari lensa ..... dan .....
2. Sifat bayangan yang dihasilkan lensa objektif adalah .....
3. Sifat bayangan yang dihasilkan teropong adalah .....

## O22. MIKROSKOP

### Kompetensi Inti

- Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

### Kompetensi Dasar

- 11 Membuat laporan hasil penyelidikan tentang pembentukan bayangan pada cermin, lensa dan alat optik.

### Tujuan Percobaan

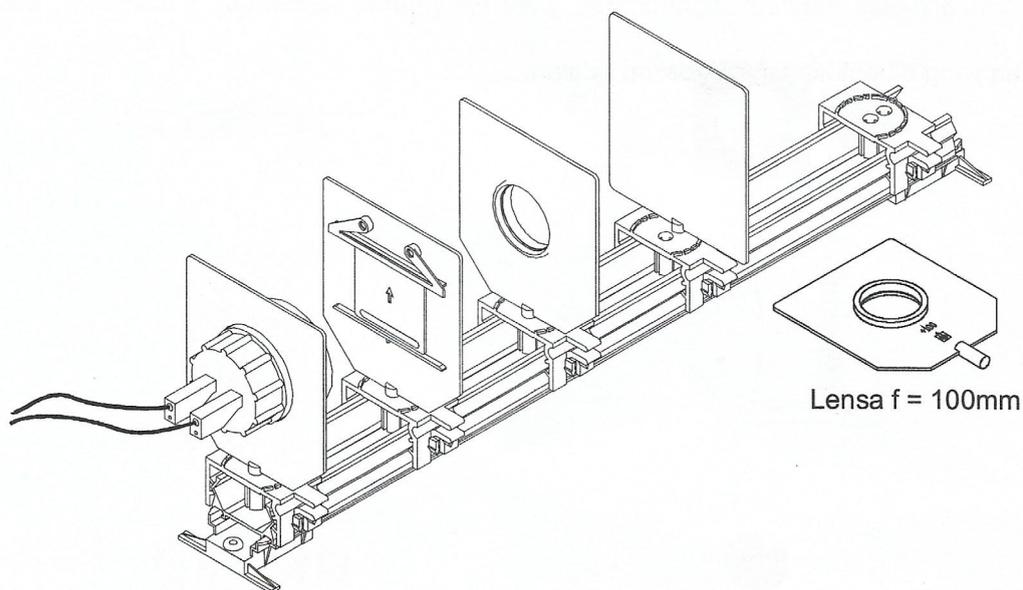
Mempelajari azas kerja mikroskop.

### Alat/Bahan Yang Digunakan

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.02/66	Rel presisi	1
FPT 16.12/82	Layar translusen	1
FPT 16.04/68	Kaki rel	2
FPT 16.06/76	Rumah lampu	1
FPT 16.14/84	Lensa +100 mm	1

No. Katalog	Nama Alat / Bahan	Jml
FPT 16.13/83	Lensa +50 mm	1
FPT 16.15/85	Lensa +200 mm	1
FPT 16.17/87	Tumpakan berpenjepit	4
FPT 16.25/95	Diafragma anak panah	1
GSE 100	Catu daya	1

### Persiapan Percobaan



Gambar 1

### Keterangan

- Susunlah alat-alat yang diperlukan seperti pada Gambar 1. Sesuai urutan: sumber cahaya, pemegang slaid diafragma, lensa 50 mm dan layar.
- Hubungkan sumber cahaya ke catu daya.

### Langkah-langkah Percobaan

1. Atur jarak antara diafragma anak panah (sebagai benda) dan lensa  $f = +50$  mm sejauh kira-kira 8 cm. Lensa  $f = +50$  mm ini berfungsi sebagai lensa objektif.
2. Nyalakan catu daya sehingga sumber cahaya dapat menerangi benda.
3. Tempatkan layar tembus cahaya didepan lensa  $f = +50$  mm.
4. Geserlah layar tembus cahaya mendekati atau menjauhi lensa objektif sehingga bayangan tajam terbentuk pada layar. Bayangan tajam akan didapatkan kira-kira 15 cm didepan lensa  $f = +50$  mm.
5. Letakkan lensa  $f = +100$  mm kira-kira 5 cm di depan layar tembus cahaya.
6. Pindahkan layar tembus cahaya ke depan sumber cahaya. Layar ini berfungsi mengurangi intensitas cahaya sehingga benda dapat dilihat langsung melalui lensa okuler.
7. Angkat ujung rel presisi. Bayangan yang diperbesar sekarang dapat dilihat melalui lensa okuler (lensa  $f = +100$  mm).

*Bagaimanakah sifat bayangan yang terjadi?*

### Hasil Pengamatan

### Kesimpulan

Sifat bayangan yang dibentuk oleh mikroskop adalah.....