




UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PANDUAN PRAKTIKUM

OPTIKA GEOMETRI DENGAN METODE PARALAKS

Untuk Mata Kuliah Fisika Dasar

 Yayang Fatma Imania
Prof. Dr. Putut Marwoto, M.S
Drs. Imam Sumpono, M.Si
Natalia Erna S., S.Pd
Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
Dr. Bambang Subali, M.Pd

LABORATORIUM FISIKA - FMIPA
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

TAHUN 2020



PANDUAN PRAKTIKUM

OPTIKA GEOMETRI DENGAN METODE PARALAKS

Untuk Mata Kuliah Fisika Dasar

Yayang Fatma Imania

Putut Marwoto

Imam Sumpono

Natalia Erna S.

Wiyanto

Bambang Subali

Penerbit

LPPM UNNES

Gedung Prof. Retno Sriningsih Satmoko

Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Hak Cipta © pada penulis dan dilindungi Undang-Undang Penerbitan

Hak Penerbitan pada LPPM UNNES.

Gedung Prof. Retno Sriningsih Satmoko, Kampus Unnes Sekaran, Gunungpati, Semarang
50229

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari penerbit.

PANDUAN PRAKTIKUM

OPTIKA GEOMETRI DENGAN METODE PARALAKS

Untuk Mata Kuliah Fisika Dasar

Yayang Fatma Imania

Putut Marwoto

Imam Sumpono

Natalia Erna S.

Wiyanto

Bambang Subali

Panduan Praktikum Optika Geometri dengan Metode Paralaks untuk Mata Kuliah Fisika Dasar/ Yayang Fatma Imania; Putut Marwoto; Imam Sumpono; Natalia Erna S.; Wiyanto; Bambang Subali. -Cet. 1-illus-Semarang: LPPM UNNES, 2020;

iv + 65 hlm; 14,8 x 21 cm

Keanggotaan IKAPI No. 175/ALB/JTE/2019

ISBN: 9786236686522

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan panduan praktikum optika geometri dengan metode paralaks.

Buku ini berisi panduan yang diharapkan dapat membantu menjelaskan fenomena optika geometri melalui kegiatan praktikum dengan metode paralaks, sehingga dapat digunakan sebagai panduan bagi mahasiswa saat melaksanakan praktikum optika geometri pada mata kuliah Fisika Dasar 2.

Kami menyadari bahwa banyak kekurangan dalam buku ini. Untuk itu kami sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan panduan ini di masa yang akan datang. Kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan panduan ini.

Semarang, Juli 2020

Penulis



Daftar Isi

Cover

Kata pengantar.....	i
Daftar isi.....	ii
Tata tertib Praktikum.....	1
Keselamatan kerja.....	2
Mengenal alat praktikum.....	3
Merakit dan mengoperasikan alat.....	7
Bagian-bagian alat.....	8
Pemeliharaan alat praktikum.....	12
Teori ralat.....	12
Mengenal metode paralaks.....	22
Hukum pemantulan dan pembiasan.....	24
Praktikum cermin dengan metode paralaks.....	37
Praktikum lensa dengan metode paralaks.....	51
Daftar pustaka.....	65

TATA TERTIB PRAKTIKUM

1. Praktikan harus hadir 15 menit sebelum praktikum dimulai.
2. Praktikan diwajibkan menggunakan alat keselamatan praktikum seperti jas khusus laboratorium dan sepatu.
3. Praktikan menyimpan tas dan barang yang tidak berkaitan dengan praktikum pada loker yang telah disediakan.
4. Dilarang membawa atau mengambil alat/barang laboratorium, kecuali jika mendapatkan ijin dari asisten laboratorium/dosen pengampu.
5. Dilarang membawa makanan dan minuman, mengganggu kelompok lain, dan merokok.
6. Apabila dalam melakukan praktikum ada hal-hal yang kurang jelas dan tidak dimengerti, maka praktikan dapat bertanya pada asisten laboratorium atau dosen pengampu.
7. Praktikan wajib mengembalikan alat-alat yang telah digunakan dalam keadaan bersih, utuh, serta praktikan wajib menjaga kebersihan dan kerapian lingkungan laboratorium.
8. Bila terjadi kerusakan atau kehilangan alat selama praktikum, praktikan bertanggung jawab untuk memperbaiki atau mengganti alat tersebut.
9. Praktikan harus patuh pada tata tertib praktikum.

KESELAMATAN KERJA

Informasi Keselamatan

Alat Praktikum optika geometri dengan metode paralaks telah dirancang dengan fungsi dan keamanan tertentu. Anda harus membaca dan memahami isi buku panduan ini sebelum menggunakan alat praktikum. Untuk keamanan pengoperasian alat, perhatikan peringatan yang ada dalam buku panduan praktikum ini.

Jas Laboratorium

- Jas laboratorium harus dikancingkan hingga atas.
- Tidak melipat lengan jas laboratorium.
- Jika menggunakan hijab, hijab dimasukkan ke dalam jas laboratorium



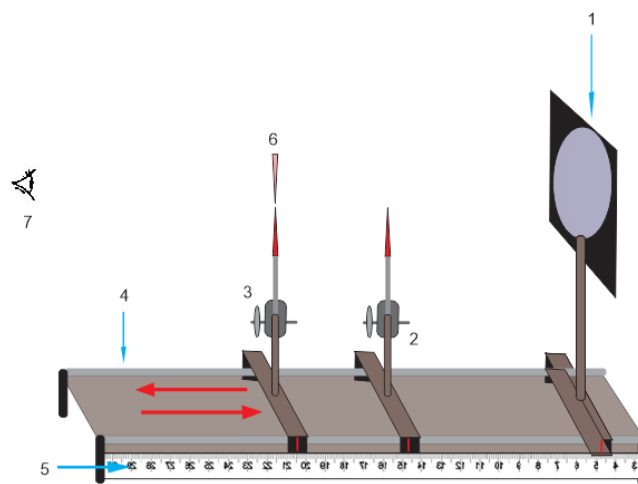
Peringatan

Untuk menghindari cedera pada jari tangan, pastikan anda tidak menyentuh bagian ujung jarum pada komponen objek.

MENGENAL ALAT PRAKTIKUM

Alat praktikum optika geometri dengan metode paralaks dapat digunakan dalam praktikum optika geometri untuk menentukan letak jarak fokus cermin cekung, cermin cembung, lensa cekung, dan lensa cembung. Desain alat praktikum cermin cekung ditunjukkan pada Gambar 1, desain alat praktikum cermin cembung ditunjukkan pada Gambar 2, desain alat praktikum lensa cekung ditunjukkan pada Gambar 3, dan desain alat praktikum lensa cembung ditunjukkan pada Gambar 4.

Desain alat pada percobaan cermin cekung



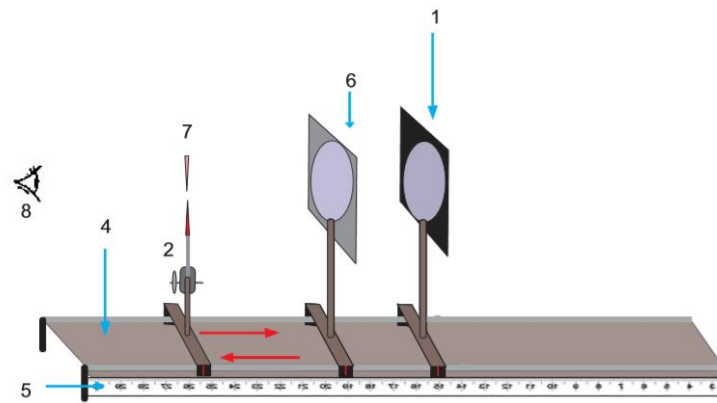
Gambar 1 Desain alat percobaan cermin cekung

Keterangan:

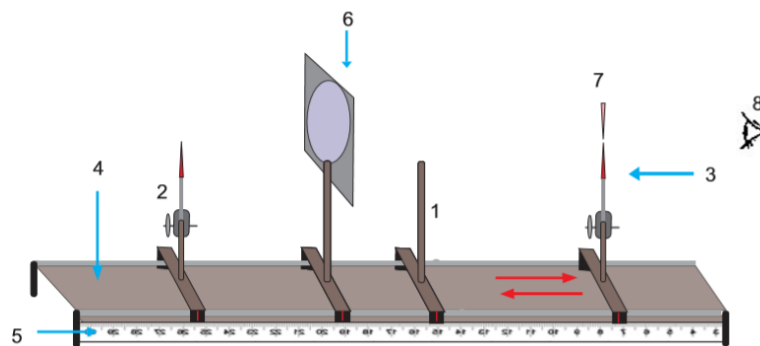
- 1 : cermin cekung dan holder
- 2 : objek (benda) dan holder
- 3 : objek geser dan holder
- 4 : penggaris
- 5 : skala
- 6 : ilustrasi bayangan
- 7 : mata pengamat

Desain alat pada percobaan cermin cembung

5. penggaris



(a)



(b)

Gambar 2 (a) Desain alat percobaan cermin cembung dengan bantuan lensa cembung

(b) Desain alat saat cermin cembung dipindahkan

Keterangan:

1 : cermin cembung dan *holder*

5 : penggaris

2 : objek (benda) dan *holder*

6 : lensa cembung dan *holder*

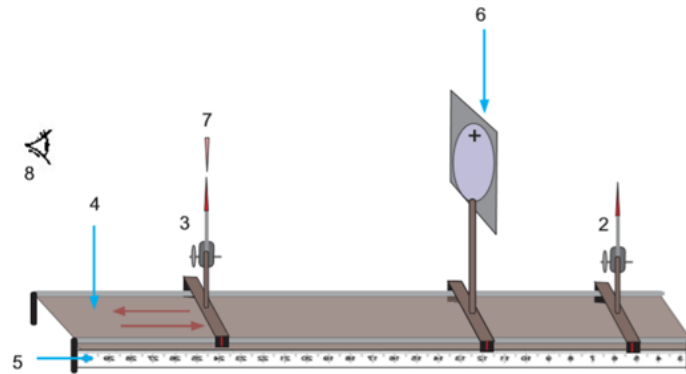
3 : objek geser dan *holder*

7 : ilustrasi bayangan

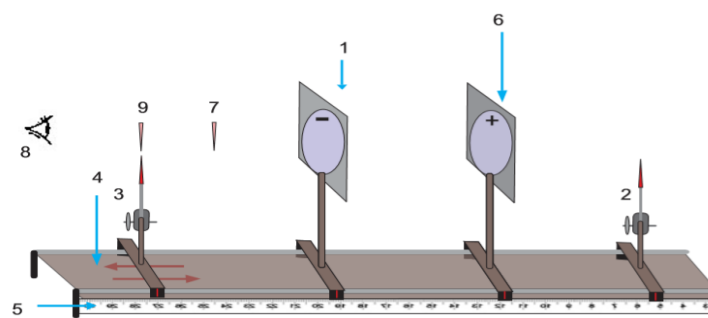
4 : rel presisi

8 : mata pengamat

Desain alat pada percobaan lensa cekung



(a)



(b)

Gambar 3 (a) Desain alat percobaan saat pembentukan bayangan oleh lensa cembung.

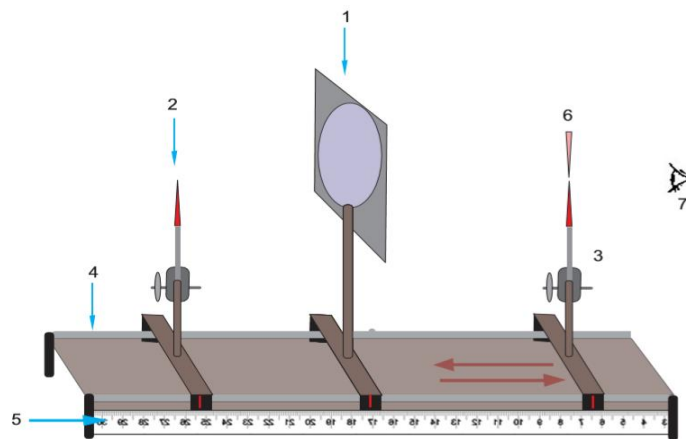
(b) Desain alat percobaan saat pembentukan bayangan oleh lensa cekung berbantuan lensa cembung.

Keterangan:

- 1 : lensa cekung dan holder
- 2 : objek (benda) dan holder
- 3 : objek geser dan holder
- 4 : rel presisi

- 5 : penggaris
- 6 : lensa cembung dan holder
- 7 : ilustrasi bayangan
- 8 : mata pengamat

Desain alat pada percobaan lensa cembung



Gambar 4 Desain alat percobaan lensa cembung

Keterangan:

1 : lensa cembung dan *holder*

2 : objek (benda) dan *holder*

3 : objek geser dan *holder*

4 : rel presisi

5 : penggaris

6 : ilustrasi bayangan

7 : mata pengamat

MERAKIT DAN MENGOPERASIKAN ALAT PRAKTIKUM

Kegiatan Pendahuluan

- Pastikan komponen alat praktikum sudah lengkap seperti pada bagian desain alat praktikum.
- Bersihkan permukaan cermin dan lensa agar jelas dan tidak buram.
- Bersihkan bagian jarum agar dapat diamati dengan jelas.
- Pasanglah bagian cermin, lensa, dan jarum pada *holder* (dudukan) dengan benar sesuai dengan ilustrasi pada desain alat.

Cara Mengoperasikan Alat Praktikum


- Masukkan ujung bawah jarum, cermin, dan lensa ke dalam lubang yang terdapat pada *holder*.
- Pasanglah *holder* yang sudah terdapat jarum, cermin, dan lensa di atas meja optik.
- Susunlah rangkaian pada setiap percobaan sesuai dengan desain alat.
- Pada bagian jarum (benda/objek geser) dapat diatur ketinggiannya dengan memutar sekrup yang terdapat pada penyangga jarum.
- Ukurlah jarak bayangan, dan jarak benda terhadap cermin/lensa dengan memperhatikan angka pada penggaris yang terdapat pada meja optik.

BAGIAN-BAGIAN ALAT

Bagian-bagian alat dan spesifikasinya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bagian-bagian alat praktikum optika geometri

Nama Alat	Fungsi	Cara Menggunakan Alat
<p data-bbox="296 683 515 719">Cermin cekung</p> 	<p data-bbox="560 683 965 824">Sebagai objek dalam praktikum yang akan dicari fokusnya.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="997 683 1369 929">• Letakkan cermin cekung pada <i>holder</i> dengan posisi tegak lurus terhadap rel presisi. <li data-bbox="997 940 1369 1131">• Pastikan permukaan cermin bersih dari debu dan kotoran (mengkilap).
<p data-bbox="280 1198 528 1234">Cermin cembung</p> 	<p data-bbox="560 1198 965 1848">Sebagai objek dalam praktikum yang akan dicari fokusnya. Cermin ini memiliki fokus bernilai negatif yang menjadikan bayangan yang terbentuk bersifat maya, sehingga dalam praktikum menentukan fokus cermin cembung membutuhkan bantuan lensa cembung agar bayangan yang dihasilkan bersifat nyata.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="997 1198 1369 1444">• Letakkan cermin cembung pada <i>holder</i> dengan posisi tegak lurus terhadap rel presisi. <li data-bbox="997 1456 1369 1646">• Pastikan permukaan cermin bersih dari debu dan kotoran (mengkilap).

<p>Lensa cekung</p> 	<p>Sebagai objek dalam praktikum untuk dicari fokusnya. Lensa ini memiliki fokus bernilai negatif (-) yang mengakibatkan bayangan yang terbentuk bersifat maya, sehingga dalam praktikum menentukan fokus lensa cekung membutuhkan bantuan lensa cembung agar bayangan yang dihasilkan bersifat nyata.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Letakkan lensa cekung pada <i>holder</i> dengan posisi tegak lurus terhadap rel presisi. • Pastikan kedua permukaan lensa bersih dari debu dan kotoran (mengkilap).
<p>Lensa cembung</p> 	<p>Sebagai objek dalam praktikum untuk dicari fokusnya. Lensa ini memiliki fokus bernilai positif (+) yang mengakibatkan bayangan yang terbentuk bersifat nyata, sehingga lensa cembung juga digunakan dalam praktikum cermin cembung dan lensa cekung agar bayangan yang dihasilkan bersifat nyata.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Letakkan lensa cekung pada <i>holder</i> dengan posisi tegak lurus terhadap rel presisi. • Pastikan kedua permukaan lensa bersih dari debu dan kotoran (mengkilap).

<p>Objek benda</p> 	<p>Sebagai benda yang akan menghasilkan suatu bayangan pada praktikum menentukan fokus cermin dan lensa. Objek benda terdiri dari jarum dan sekrup. Sekrup dalam objek benda berfungsi untuk mengatur ketinggian jarum.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Putar sekrup berlawanan arah jarum jam untuk melonggarkan jarum dan putar sekrup searah jarum jam untuk mengunci jarum.
<p>Objek geser</p> 	<p>Sebagai objek yang berfungsi untuk menentukan jarak bayangan terhadap cermin dan lensa. Objek geser terdiri dari jarum dan sekrup. Sekrup dalam objek benda berfungsi untuk mengatur ketinggian jarum.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Putar sekrup berlawanan arah jarum jam untuk melonggarkan jarum dan putar sekrup searah jarum jam untuk mengunci jarum. • Geserlah objek geser ke depan dan ke belakang sampai ujung jarum objek geser saling bertepatan dengan ujung jarum bayangan yang dihasilkan oleh objek benda.

<p style="text-align: center;"><i>Holder</i></p> 	<p><i>Holder</i> berfungsi sebagai dudukan untuk cermin, lensa, benda, dan objek geser</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Letakkan cermin, lensa, objek benda, dan objek geser ke dalam lubang pada bagian <i>holder</i>. • Letakkan <i>holder</i> pada rel presisi dengan menekan bagian samping <i>holder</i> untuk melonggarkan dan melepaskan bagian samping <i>holder</i> untuk menguci <i>holder</i> pada rel presisi. • <i>Holder</i> dapat digeser ke depan dan ke belakang.
<p style="text-align: center;">Rel presisi dan penggaris</p> 	<p>Rel presisi berfungsi sebagai meja optik dan penggaris berfungsi sebagai alat ukur panjang untuk menentukan jarak benda dan jarak bayangan saat praktikum</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Letakkan rel presisi di atas bidang datar saat melakukan praktikum. • Gunakan penggaris pada rel presisi untuk mengukur jarak benda dan jarak bayangan saat praktikum

PEMELIHARAAN ALAT PRAKTIKUM

1. Bersihkan alat setelah digunakan dengan menggunakan pembersih kering.
2. Simpan pada ruangan tertutup dan aman.
3. Jauhkan dari tempat yang lembab.

TEORI RALAT

Fisika mempelajari gejala alam secara kuantitatif, oleh karenanya pengukuran besaran fisis merupakan hal yang sangat penting. Mengukur adalah membandingkan suatu besaran fisis dengan besaran fisis sejenis sebagai standar yang telah diperjanjikan terlebih dahulu. Tujuan mengukur adalah untuk mengetahui nilai ukur besaran fisis dengan hasil yang akurat. Jika suatu benda diukur secara berulang, maka setiap pengukurannya dapat memberikan hasil yang berbeda. Demikian juga jika besaran fisis yang sama diukur oleh orang lain. Adapun usaha untuk memperoleh hasil ukur yang tepat dapat dicapai dengan memperoleh hasil yang mungkin benar dan dengan nilai kisaran hasil ukur.

Jika besaran fisis yang diukur (x), maka hasil ukur yang sesuai adalah nilai rerata pengukuran (\bar{x}) dan kisaran hasil ukur dinamakan ralat pengukuran dinyatakan (Δx). Nilai kisaran hasil ukurnya ($\bar{x} \pm \Delta x$) mempunyai arti nilai tersebut berada dalam rentang antara x minimum yakni ($\bar{x} - \Delta x$) sampai dengan x maksimum yakni ($\bar{x} + \Delta x$). Suatu alat

ukur dikatakan presisi apabila memberikan nilai Δx yang kecil. Setiap alat ukur mempunyai tingkat kepresisiannya masing-masing, misalnya alat ukur mikrometer sekrup mempunyai tingkat kepresisian sebesar 0,001 cm, jangka sorong mempunyai tingkat kepresisian sebesar 0,01 cm, dan mistar mempunyai tingkat kepresisian sebesar 0,1 cm. Hasil ukur dikatakan baik apabila diperoleh ralat relatif ($\Delta x/\bar{x}$) yang bernilai kecil.

A. Sumber - Sumber Ralat

Setiap hasil pengukuran tidak pernah lepas dari suatu ralat. Sumber-sumber ralat dapat dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu ralat sistematis (*systematic error*), ralat rambang (*random error*), dan ralat kekeliruan tindakan.

1. Ralat sistematis

Ralat sistematis merupakan ralat yang memberikan efek nilai tetap terhadap hasil ukur dan dapat dihilangkan apabila diketahui sumber-sumbernya, antara lain faktor-faktor sebagai berikut.

(a) Alat

Misalnya: kesalahan kalibrasi menyebabkan meter arus tidak menunjukkan nol sebelum digunakan (*zero error*).

(b) Pengamat

Misalnya karena ketidakcermatan pengamat dalam membaca skala. Hal ini dapat disebabkan selama pembacaan mata pengamat terlalu ke bawah atau ke atas terhadap objek yang diamati sehingga nilai yang terbaca tergeser dari nilai sebenarnya (paralaks).

(c) Kondisi fisis pengamatan

Misalnya karena kondisi fisis saat pengamatan tidak sama dengan kondisi fisis saat penerapan alat, sehingga memengaruhi hasil pengukuran.

(d) Metode pengamatan

Ketidaktepatan dalam pemilihan metode akan memengaruhi hasil pengamatan, misalnya sering terjadi kebocoran besaran fisis seperti panas, cahaya, dan sebagainya.

2. Ralat rambang

Setiap pengukuran yang dilakukan berulang atau pengamatan berulang untuk besaran fisis yang tetap dapat memperoleh hasil pengukuran yang berbeda. Ralat yang terjadi pada pengukuran berulang ini disebut *ralat rambang*, atau *ralat kebetulan*.

Faktor- faktor penyebab ralat rambang antara lain sebagai berikut.

(a) Ketepatan penaksiran

Misalnya penaksiran terhadap penunjukkan skala oleh pengamat yang berbeda dari waktu ke waktu.

(b) Kondisi fisis yang berubah (berfluktuasi)

Misalnya karena suhu atau tegangan listrik yang digunakan tidak stabil (berfluktuasi).

(c) Gangguan

Misalnya adanya medan magnet yang kuat di sekitar alat-alat ukur listrik sehingga dapat memengaruhi penunjukkan pengukuran listrik.

(d) Definisi

Misalnya karena penampang pipa tidak berbentuk lingkaran sempurna maka penentuan diameternyapun akan menimbulkan ralat.

3. Ralat kekeliruan tindakan

Kekeliruan tindakan oleh pengamat atau pengukur dapat terjadi dalam bentuk sebagai berikut.

(a) Salah berbuat

Misalnya salah membaca, salah pengaturan situasi/kondisi, salah membilang (misalnya jumlah ayunan 11 kali terbilang 10 kali), dan sebagainya.

(b) Salah hitung

Terutama terjadi pada hitungan dengan pembulatan.

B. Perhitungan Ralat

Perhitungan ralat sangat diperlukan dalam setiap percobaan, karena dalam setiap percobaan akan mengasilkan ralat. Adapun usaha untuk memperkecil ralat adalah dengan melakukan pengukuran berulang. Semakin banyak dilakukan pengukuran berulang, maka akan semakin baik. Namun demikian, tidak semua pengamatan dapat diulangi, sehingga praktikan hanya dapat melakukan pengamatan sekali saja. Ralat dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu ralat dari pengamatan langsung dan ralat dari hasil perhitungan (tidak langsung).

Pengukuran besaran secara langsung berarti benda tersebut diukur dan langsung dapat diperoleh hasil ukurnya. Misalnya mengukur diameter pensil dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran tak langsung berarti hasil ukur yang dikehendaki diperoleh melalui perhitungan dari variabel-variabelnya. Sebagai contoh adalah jika ingin menentukan volume sebatang pensil berbentuk silinder, maka yang dilakukan adalah mengukur diameter pensil dengan jangka sorong dan mengukur panjang pensil dengan mistar.

Ralat pengukuran langsung berasal dari pengukuran secara langsung disebut ralat rambang. Ralat pengukuran tak langsung berasal dari setiap pengukuran besaran secara langsung dan menyebabkan ralat yang merambat. Semakin banyak parameter yang diukur langsung, maka ralat hasil ukur semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya perambatan masing-masing ralat oleh setiap pengukuran langsung yang berasal dari ralat hasil pada pengukuran tak langsung. Adapun analisis data pada praktikum optika geometri menggunakan ralat perambatan. Hal tersebut dikarenakan besaran fisis pada praktikum tidak diukur secara langsung, melainkan dari pengukuran variabel-variabelnya, sehingga menyebabkan ralat yang merambat.

C. Ketidakpastian pada Pengukuran

Untuk menentukan ketidakpastian (ktpn) hasil akhir, maka ditentukan berdasarkan tiap-tiap pengukuran yang dilakukan.

1. Pengukuran Tunggal

Pengukuran tunggal ialah pengukuran yang hanya dilakukan satu kali karena objek pengukuran tidak mungkin diukur secara berulang. Contoh pengukuran tunggal adalah mengukur kecepatan suatu kendaraan, mengukur suhu pada saat tertentu, dan sebagainya.

Ketidakpastian (ktpn) pada pengukuran tunggal diambil dengan menggunakan setengah dari nilai skala terkecil (nst), yakni dengan persamaan:

$$\Delta x = 0,5 \text{ nst} \quad (1)$$

2. Pengukuran Berulang

Pengukuran berulang dibedakan menjadi pengulangan beberapa kali dan pengulangan cukup sering.

- a. Pengukuran yang diulang beberapa kali (pengulangan beberapa kali)
 Pengulangan beberapa kali adalah pengukuran yang dilakukan kurang dari 10 kali. Misal pengukuran yang diulang sebanyak tiga kali dengan hasil x_1, x_2, x_3 , maka laporan hasil pengukuran adalah $(x \pm \Delta x)$ dengan x adalah nilai rata-rata, yakni:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \quad (2)$$

Δx merupakan deviasi mutlak yang dapat dicari dengan persamaan:

$$\Delta x = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + |x_3 - \bar{x}|}{n} \quad (3)$$

- b. Pengukuran yang diulang cukup sering

Pengukuran yang diulang cukup sering merupakan pengukuran yang dilakukan sebanyak lebih dari sama dengan 10 kali, misal pengukuran diulang n kali dan hasil pengukurannya x_1, x_2, \dots, x_n , maka laporan hasil pengukuran adalah $(x \pm \Delta x)$ dengan x adalah nilai rata-rata, yakni:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4)$$

Δx merupakan deviasi mutlak yang dapat dicari dengan persamaan:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (5)$$

D. Ralat Perambatan

Pada umumnya, jika suatu besaran z (yang tidak dapat diukur langsung) tergantung dari beberapa besaran x, y, a, b, \dots, w yang dapat diukur langsung, maka ktpn dalam z dapat dinyatakan dalam ktpn x, y, a, b, \dots, w .

Pada penerapan beberapa kasus yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

1. Jika Δx dan Δy ditentukan dari nst, maka:

$$\Delta z = \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right| x_0 y_0 |\Delta x| + \left| \frac{\partial z}{\partial y} \right| x_0 y_0 |\Delta y| \quad (6)$$

2. Jika Δx dan Δy berupa deviasi standar, maka:

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \Delta y^2} \quad (7)$$

Δx dan Δy adalah nilai deviasi standar rata-rata, yang dapat ditentukan dengan persamaan: $\Delta x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$ untuk pengukuran yang diulang cukup sering (lebih dari sama dengan 10 kali), sedangkan untuk pengukuran yang diulang n kali (kurang dari 10 kali pengulangan) adalah dengan persamaan:

$$\Delta x = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + |x_3 - \bar{x}|}{n}$$

3. Jika Δx ditentukan dengan nst (berarti hanya diukur sekali) dan Δy merupakan deviasi standar (diukur berulang), maka makna statistik kedua ktpn tersebut tidak sama, sehingga sebelum dipadukan harus disamakan terlebih dahulu. Misalnya adalah dengan membuat jaminan pada Δx , dari jaminan 100% menjadi jaminan 68% seperti halnya jaminan pada Δy . Berdasarkan hal tersebut, maka dapat menggunakan Δx (baru) = $\frac{2}{3} \Delta x$ (lama).

Karena $68\% = \frac{2}{3} \times 100\%$, maka:

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{2}{3} \Delta x \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \left(\frac{2}{3} \Delta y \right)^2} \quad (8)$$

Adapun contoh penggunaan ralat perambatan pada suatu percobaan adalah sebagai berikut.

Contoh kasus

Jika suatu percobaan menentukan jarak fokus cermin cekung dengan metode paralaks didapatkan data pengamatan yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengamatan menentukan jarak fokus pada cermin cekung

Fokus cermin cekung secara teori= 7,5 cm

No	S(cm)	S'(cm)	$f = \frac{S'S}{(S+S')} \text{ (cm)}$
1	10	30	7,50
2	12,5	20	7,69
3	15	15	7,50

Maka, analisis data dengan menggunakan ralat perambatan adalah sebagai berikut.

Mencari fokus rata-rata (\bar{f}):

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{n}$$

$$\bar{f} = \frac{(7,50 + 7,69 + 7,50) \text{ cm}}{3}$$

$$\bar{f} = 7,56 \text{ cm}$$

Mencari Δs

$$\bar{s} = \frac{(s_1 + s_2 + s_3) \text{ cm}}{3}$$

$$\bar{s} = \frac{(10 + 12,5 + 15) \text{ cm}}{3}$$

$$\bar{s} = 12,5 \text{ cm}$$

$$\Delta s = \frac{|s_1 - \bar{s}| + |s_2 - \bar{s}| + |s_3 - \bar{s}|}{n}$$

$$\Delta s = \frac{|10 - 12,5| + |12,5 - 12,5| + |15 - 12,5|}{3} \text{ cm}$$

$$\Delta s = 1,67 \text{ cm}$$

Mencari $\Delta s'$

$$\bar{s}' = \frac{(s'_1 + s'_2 + s'_3) \text{ cm}}{3}$$

$$\bar{s}' = \frac{(30 + 20 + 15) \text{ cm}}{3}$$

$$\bar{s}' = 21,67 \text{ cm}$$

$$\Delta s' = \frac{|s'_1 - \bar{s}'| + |s'_2 - \bar{s}'| + |s'_3 - \bar{s}'|}{n}$$

$$\Delta s' = \frac{|30 - 21,67| + |20 - 21,67| + |15 - 21,67|}{3} \text{ cm}$$

$$\Delta s' = 5,56 \text{ cm}$$

Menentukan standar deviasi Δf :

Data 1

$$\Delta f_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial f_1}{\partial s_1}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s\right)^2 + \left(\frac{\partial f_1}{\partial s_1'}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s'\right)^2}$$

$$\Delta f_1 = \sqrt{\left(\frac{s_1'^2}{(s_1 + s_1')^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s\right)^2 + \left(\frac{s_1^2}{(s_1 + s_1')^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s'\right)^2}$$

$$\Delta f_1 = \sqrt{\left(\frac{30^2}{(10 + 30)^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \times 1,67\right)^2 + \left(\frac{10^2}{(10 + 30)^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \times 5,56\right)^2 \text{ cm}}$$

$$\Delta f_1 = 0,647 \text{ cm}$$

Data 2

$$\Delta f_2 = \sqrt{\left(\frac{\partial f_2}{\partial s_2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s\right)^2 + \left(\frac{\partial f_2}{\partial s_2'}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s'\right)^2}$$

$$\Delta f_2 = \sqrt{\left(\frac{s_2'^2}{(s_2 + s_2')^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s\right)^2 + \left(\frac{s_2^2}{(s_2 + s_2')^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s'\right)^2}$$

$$\Delta f_2 = \sqrt{\left(\frac{20^2}{(12,5 + 20)^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \times 1,67\right)^2 + \left(\frac{12,5^2}{(12,5 + 20)^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \times 5,56\right)^2 \text{ cm}}$$

$$\Delta f_2 = 0,67 \text{ cm}$$

Data 3

$$\Delta f_3 = \sqrt{\left(\frac{\partial f_3}{\partial s_3}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s\right)^2 + \left(\frac{\partial f_3}{\partial s_3'}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s'\right)^2}$$

$$\Delta f_3 = \sqrt{\left(\frac{s_3'^2}{(s_3 + s_3')^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s\right)^2 + \left(\frac{s_3^2}{(s_3 + s_3')^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\Delta s'\right)^2}$$

$$\Delta f_3 = \sqrt{\left(\frac{15^2}{(15 + 15)^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \times 1,67\right)^2 + \left(\frac{15^2}{(15 + 15)^2}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \times 5,56\right)^2 \text{ cm}}$$

$$\Delta f_3 = 0,96 \text{ cm}$$

Mencari standar deviasi rata-rata ($\Delta\bar{f}$)

$$\Delta\bar{f} = \frac{\Delta f_1 + \Delta f_2 + \Delta f_3}{n}$$

$$\Delta\bar{f} = \frac{(0,65 + 0,67 + 0,96)}{3} \text{ cm}$$

$$\Delta\bar{f} = 0,76 \text{ cm}$$

Jadi, nilai f adalah: ($\bar{f} \pm \Delta\bar{f}$) = (7,56 \pm 0,76) cm

Adapun besarnya ketelitian dan ketepatan dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

Menentukan Kesalahan Relatif

(KR)

$$KR = \frac{\Delta\bar{f}}{\bar{f}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,76 \text{ cm}}{7,56 \text{ cm}} \times 100\%$$

$$KR = 10\%$$

Menentukan Kesesatan (KST)

$$KST = \left| \frac{f \text{ teori} - f \text{ praktek}}{f \text{ teori}} \right| \times 100\%$$

$$KST = \left| \frac{7,50 \text{ cm} - 7,56 \text{ cm}}{7,50 \text{ cm}} \right| \times 100\%$$

$$KST = 0,8\%$$

Menentukan Ketelitian (KTT)

$$KTT = 100\% - KR$$

$$KTT = 100\% - 10\%$$

$$KTT = 90\%$$

Menentukan Ketepatan (KTP)

$$KTP = 100\% - KST$$

$$KTP = 100\% - 0,8\%$$

$$KTP = 99,2\%$$

MENGENAL METODE PARALAKS

Paralaks adalah perubahan posisi semu benda karena perubahan lokasi pengamat. Astronom menggunakan metode triangulasi yang disebut paralaks untuk mengukur jarak ke bintang. Paralaks adalah perubahan posisi semu benda yang disebabkan oleh perubahan posisi pengamat (Arny & Stephen, 2014).

Paralaks bukan merupakan suatu instrumen, melainkan suatu teknik. Para astronom memperkirakan jarak benda-benda terdekat di ruang angkasa dengan menggunakan metode yang disebut paralaks bintang, atau paralaks trigonometri. Secara sederhananya, para astronom mengukur bintang yang bergerak dengan latar belakang bintang-bintang yang lebih jauh ketika bumi sedang berputar mengelilingi matahari. Menurut Mark Reid, seorang astronom di Pusat Harvard Smithsonian untuk Astrofisika menggambarkan paralaks sebagai standar emas untuk mengukur jarak bintang karena tidak hanya melibatkan fisika, melainkan juga melibatkan geometri (Dufour, 2018).

Jika dua buah pensil diletakkan secara terbalik dan diberi jarak yang berbeda terhadap mata pengamat, sehingga ujung pensil satu tidak saling bersentuhan dengan ujung pensil yang lain. Saat pengamat mengamati kedua pensil tersebut dan menutup salah satu matanya, kemudian menggerakkan kepala ke samping kanan atau kiri, maka pensil yang berada lebih jauh dari mata pengamat akan menunjukkan pergerakan relatif sehubungan dengan pensil yang lebih dekat di sepanjang arah gerakan mata pengamat. Pensil yang lebih dekat kemudian akan menunjukkan pergeseran yang jelas dalam arah yang berlawanan, sehingga dalam keadaan ini dikatakan bahwa terdapat

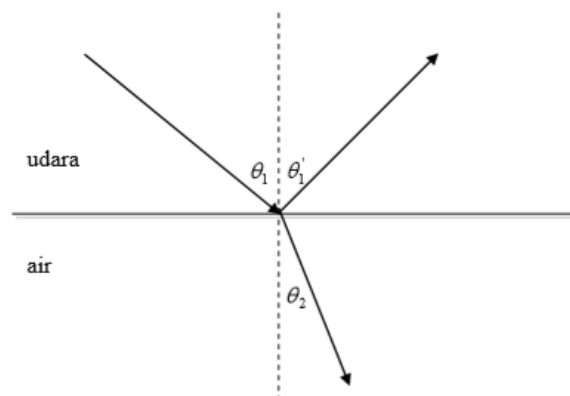
paralaks. Kemudian ketika kedua pensil didekatkan, maka pergeseran relatif antara pensil berkurang, sehingga dalam keadaan ini menandakan bahwa paralaks berkurang. Jika kedua pensil didekatkan sehingga bagian atas salah satunya terletak di bagian atas yang lain (bertepatan), maka tidak terdapat pergeseran relatif pada gerakan mata pengamat saat bergerak ke samping kanan atau kiri, sehingga dalam keadaan ini menandakan bahwa tidak terdapat paralaks.

Jika tidak terdapat paralaks, maka kedua benda tersebut saling bertepatan atau memiliki jarak yang sama dari mata pengamat. Pada praktikum ini menggunakan metode paralaks untuk menemukan letak bayangan yang dibentuk oleh cermin atau lensa dalam praktikum optika geometri. Alat yang digunakan dalam praktikum ini berupa suatu objek geser sebagai objek untuk memastikan letak bayangan yang terbentuk dan memastikan tidak terdapat paralaks antara bayangan dengan objek geser (saling bertepatan).

HUKUM PEMANTULAN DAN PEMBIASAN

Optika atau ilmu cahaya merupakan cabang ilmu fisika yang berhubungan dengan kerja indera mata. Optika terbagi menjadi 2 golongan, yakni yang berkaitan dengan pembentukan bayangan oleh sistem optik termasuk mata yang disebut optika geometri dan yang berkaitan dengan sifat fisis cahaya sebagai gelombang elektromagnetik yang menampilkan gejala-gejala difraksi, interferensi, polarisasi, dan absorpsi yang disebut optika fisis atau optika elektromagnetik (Soedjojo, 2004).

Pada Gambar 5 seberkas cahaya jatuh pada permukaan batas medium 1 dan medium 2, maka sebagian dipantulkan oleh permukaan dan sebagian lagi dibelokkan (dibiaskan, direfraksikan) masuk ke dalam medium 2. Berkas gelombang datang digambarkan dengan garis lurus, dan sinar datang yang sejajar dengan arah perambatan. Berkas pada Gambar 5 dianggap sebagai gelombang datar dengan muka gelombangnya tegak lurus dengan sinar datang. Sudut datang (θ_1), sudut refleksi (θ_1') dan sudut refraksi (θ_2) diukur dari normal bidang batas ke sinar yang bersangkutan.



Gambar 5 Pemantulan dan pembiasan pada permukaan batas udara air

Berdasarkan hasil eksperimen, diperoleh hukum-hukum mengenai pemantulan dan pembiasan sebagai berikut.

1. Sinar yang dipantulkan dan dibiaskan terletak pada satu bidang yang dibentuk oleh sinar datang dan normal bidang batas di titik datang.
2. Untuk pemantulan berlaku: sudut datang = sudut pantul

$$\theta_1 = \theta_1' \quad (9)$$

3. Untuk pembiasan berlaku: perbandingan sinus sudut datang dengan sinus sudut bias bernilai konstan.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (10)$$

n_{21} adalah konstanta yang disebut indeks refraksi dari medium 2 terhadap medium 1.

Pernyataan 1 dan 2 dinamakan hukum pemantulan Snellius, sedangkan pernyataan 1 dan 3 dinamakan hukum pembiasan Snellius. Hukum pembiasan dapat ditulis:

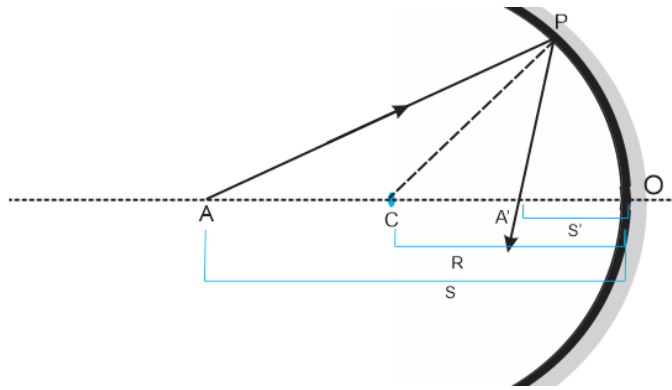
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (11)$$

(Darsono, 2017)

1. Pemantulan Cahaya

a. Pemantulan pada Cermin Cekung

Cermin cekung merupakan sebuah cermin yang mempunyai permukaan pemantul berbentuk cekung. Ilustrasi pemantulan pada cermin cekung bola (sferik) ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Pemantulan pada cermin cekung

Pada Gambar 6 titik C adalah titik pusat kelengkungan cermin, dan titik O disebut Vertex. Titik benda A dan titik bayangannya A'. Jarak benda (s) dan jarak bayangannya (s') keduanya positif. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa:

$$AC : CA' = PA : PA'$$

untuk sinar-sinar paraksial, dapat dianggap bahwa:

$$PA' = OA' = s' \text{ dan}$$

$$PA = OA = s, \text{ maka}$$

$$AC : CA' = s : s' \text{ Tetapi } AC = s - R \text{ dan } CA' = R - s', \text{ sehingga:}$$

$$(s - R) : (R - s') = s : s', \text{ atau } ss' - Rs' = Rs - ss', \text{ maka:}$$

$$Rs + Rs' = 2ss', \text{ jadi:}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad (12)$$

Jika benda berada pada tak hingga, maka $s = \infty$, sehingga persamaan (12) dapat dituliskan:

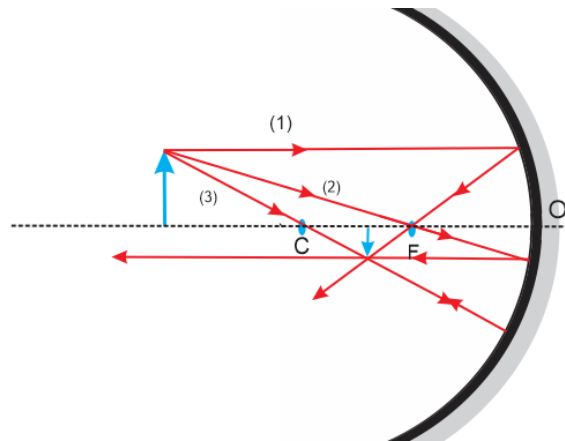
$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}, \text{ atau: } \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

Titik bayangan disebut titik api (fokus) f dan jarak bayangannya disebut jarak fokus f , maka:

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad (13)$$

(Darsono, 2017)

Terdapat 3 sinar istimewa pada cermin cekung untuk membentuk bayangan. Gambar 7 menunjukkan sinar istimewa pada cermin cekung.



Gambar 7 Tiga sinar istimewa pada cermin cekung

Ketiga sinar istimewa pada cermin cekung adalah sebagai berikut.

1. Sinar sejajar yaitu sinar yang sejajar dengan sumbu utama. Sinar ini akan dipantulkan melalui titik fokus.
2. Sinar fokus yaitu sinar yang datang melalui titik fokus. Sinar ini dipantulkan sejajar sumbu utama.
3. Sinar radial yaitu sinar digambar melalui pusat kelengkungan. Sinar ini mengenai cermin tegak lurus permukaannya dan kemudian dipantulkan kembali pada dirinya sendiri.

(Tipler, 1991).

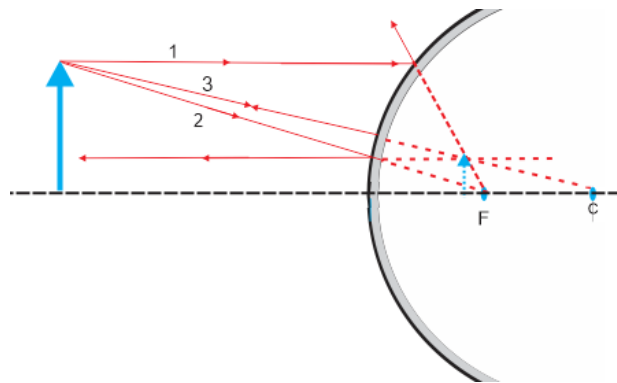
Titik fokus cermin cekung terletak di bagian depan cermin, sehingga titik fokusnya adalah titik fokus nyata. Sinar-sinar pantul pada cermin cekung bersifat konvergen (mengumpul).

b. **Pemantulan pada Cermin Cembung**

Cermin cembung merupakan sebuah cermin yang mempunyai permukaan pemantul cembung. Sinar-sinar pantul pada cermin cembung

bersifat divergen (memancar/menyebar). Hal ini dikarenakan titik fokus cermin cembung terletak di bagian belakang cermin, sehingga titik fokusnya adalah titik fokus maya.

Sama halnya dengan cermin cekung, cermin cembung juga mempunyai 3 sinar istimewa untuk membentuk bayangan. Gambar 8 menunjukkan sinar istimewa pada cermin cembung.



Gambar 8 Tiga sinar istimewa pada cermin cembung

Ketiga sinar istimewa pada cermin cembung adalah sebagai berikut.

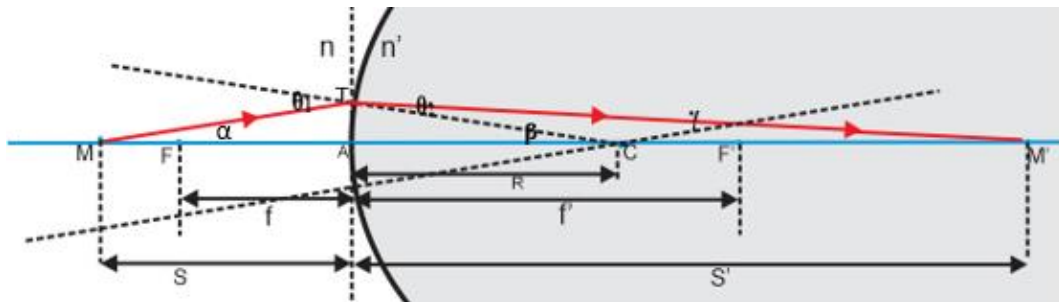
1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin akan dipantulkan seakan-akan dari titik fokus.
2. Sinar datang menuju titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
3. Sinar datang menuju titik pusat lengkung P akan dipantulkan kembali seakan-akan datang dari titik pusat lengkung tersebut.

Cermin cembung selalu memperkecil bayangan benda. Oleh karena itu, jangkauan pandangan cermin ini lebih luas dari pada cermin datar maupun cermin cekung dengan luas yang sama, sehingga manfaat utama cermin cembung adalah memperluas daerah pandang (Nirsal, 2012).

2. Pembiasan Cahaya

Pembiasan (refraksi) merupakan proses pembelokan berkas cahaya yang merambat dari satu medium ke medium lain yang kerapatan optiknya berbeda. Pembiasan terjadi karena kerapatan optik kedua medium yang dilalui berbeda (Nirsal, 2012).

A. Pembiasan pada Bidang Lengkung



Gambar 9 Geometri yang menghubungkan antara jarak benda dan jarak bayangan (pembiasan pada bidang lengkung)

Pembentukan sebuah bayangan oleh pembiasan pada sebuah permukaan lengkung yang memisahkan dua medium dengan indeks bias n dan n' dilukiskan pada Gambar 9. Menurut hukum Snellius untuk pembiasan dapat dituliskan:

$$n \sin \theta_1 = n' \sin \theta_2 \quad (14)$$

dengan menganggap bahwa semua sinar-sinar adalah paraksial, maka dapat digunakan pendekatan untuk sudut-sudut kecil $\sin \theta = \theta$, sehingga didapatkan:

$$\theta_1 = n' \theta_2 \quad (15)$$

dari segitiga TMC, maka didapatkan hubungan:

$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad (16)$$

dengan menghilangkan θ_1 dari persamaan (15) dan (16), maka persamaan (14) dapat dituliskan sebagai:

$$n(a + \beta) = n'(\beta - \gamma) \quad (17)$$

$$na + n'\gamma = (n' - n)\beta \quad (18)$$

dengan menggunakan pendekatan sudut kecil $\alpha = \frac{TA}{S}$, $\beta = \frac{TA}{R}$, $\gamma = \frac{TA}{S'}$, maka persamaan (18) dapat ditulis:

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n-n'}{r} \quad (19)$$

Persamaan (19) dinamakan persamaan Gaussian.

Ketika benda diletakkan di titik fokus, kemudian arah rambat cahaya yang dibiaskan adalah sejajar sumbu utama, maka bayangan akan terbentuk di tak hingga. Dengan demikian persamaan (19) dapat dituliskan sebagai:

$$\frac{n}{f} + \frac{n'}{\infty} = \frac{n-n'}{r},$$

sehingga:

$$\frac{n}{f} = \frac{n-n'}{r} \quad (20)$$

Jika objek diletakkan di tak hingga, maka cahaya yang datang seakan sejajar sumbu utama dan bayangan terletak di titik fokus ke dua F' . Persamaan (19) dapat dituliskan sebagai:

$$\frac{n}{\infty} + \frac{n'}{f'} = \frac{n-n'}{r},$$

sehingga:

$$\frac{n'}{f'} = \frac{n-n'}{r} \quad (21)$$

Dari persamaan (20) dan (21) diperoleh:

$$\frac{n}{f} = \frac{n'}{f'} \text{ atau } \frac{n'}{n} = \frac{f'}{f} \quad (22)$$

Jika $\frac{n'-n}{r}$ dari persamaan (19) digantikan dengan $\frac{n}{f}$ dari persamaan (20) atau dengan $\frac{n'}{f'}$ dari persamaan (21) maka diperoleh:

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n}{f'}, \text{ atau } \frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n'}{f'} \quad (23)$$

Pembiasan cahaya dapat terjadi pada lensa. Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang lengkung. Dua bidang lengkung yang membentuk lensa dapat berbentuk silindris maupun bola. Lensa silindris memusatkan cahaya dari sumber titik yang jauh pada suatu garis, sedangkan permukaan bola yang melengkung ke segala arah memusatkan cahaya dari sumber yang jauh pada suatu titik.

B. Lensa Tipis

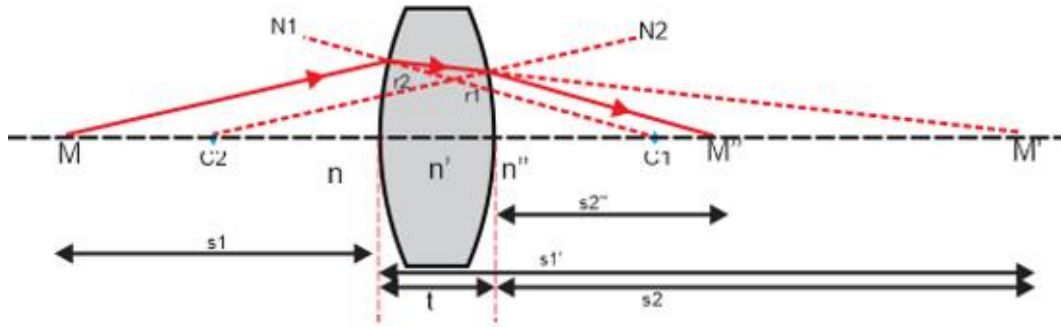
Lensa tipis memiliki dua bidang utama yang berimpit, sehingga pembiasan berganda di permukaan lensa tipis dianggap sebagai pembiasan tunggal pada bidang utamanya. Maka, pembiasan ganda oleh susunan 2 lensa tipis dapat dipandang sebagai gabungan pada dua bidang utama kedua lensa tersebut seperti halnya dengan pembiasan oleh suatu lensa tebal (Soedoyo, 1992).

Lensa tipis merupakan suatu lensa yang memiliki ketebalan lebih kecil bila dibandingkan dengan jarak-jarak yang berhubungan dengan sifat-sifat lensa, contohnya: jari-jari kelengkungan, jarak fokus 1 dan jarak fokus 2, jarak benda, dan jarak bayangan. Berdasarkan hal tersebut, maka ketebalan pada lensa tipis dapat diabaikan.

Gambar 10 menunjukkan sebuah lensa yang dibatasi dengan dua permukaan lengkung yang berjari-jari r_1 dan r_2 , serta indeks bias bahan lensa n' . Medium di sebelah kiri lensa berindeks bias n dan disebelah kanan lensa n'' . Bayangan yang dibentuk oleh lensa terjadi oleh pembiasan pada masing-masing permukaan lengkung.

Cahaya yang berasal dari titik sumber M dibiaskan oleh permukaan lengkung pertama dan bayangan berada di M' , sehingga berlaku persamaan:

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n-n'}{r} \quad (24)$$



Gambar 10 Geometri terjadinya bayangan pada lensa

Oleh permukaan lengkung kedua, bayangan M' dianggap sebagai benda, sehingga jarak benda dari permukaan kedua adalah $S_2 = -(S_1' - t)$, t adalah ketebalan lensa yang dalam pembahasan lensa tipis t dianggap berharga nol, maka $S_2 = -S_1'$. Pembiasan oleh permukaan lengkung kedua berlaku persamaan:

$$\frac{n'}{S_2} + \frac{n''}{S_2'} = \frac{n'-n''}{r_2}, \quad \text{atau} \quad (25)$$

$$\frac{n'}{-S_1'} + \frac{n''}{S_2'} = \frac{n'-n''}{r_2} \quad (26)$$

Pembiasana oleh dua permukaan lengkung berlaku:

$$\frac{n'}{S_1} + \frac{n}{S_1'} + \frac{n'}{-S_1'} + \frac{n''}{S_2'} = \frac{n'-n}{r_1} + \frac{n''-n'}{r_2}, \quad \text{atau}$$

$$\frac{n}{S_1'} + \frac{n''}{S_2'} = \frac{n'-n}{r_1} + \frac{n''-n'}{r_2} \quad (27)$$

Jika jarak benda S_1 dinyatakan dengan S , dan jarak bayangan akhir S_2'' dinyatakan dengan S' , maka persamaan (27) dapat ditulis:

$$\frac{n}{s} + \frac{n''}{s'} = \frac{n'-n}{r_1} + \frac{n''-n'}{r_2} \quad (28)$$

Jika medium di sekitar lensa adalah sama sehingga $n = n'$, maka persamaan (28) dapat ditulis:

$$\frac{n}{s} + \frac{n}{s'} = \frac{n'-n}{r_1} + \frac{n-n'}{r_2}, \text{ atau} \quad \frac{n}{s} + \frac{n}{s'} = (n' - n) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (29)$$

Jika medium lensa adalah udara ($n = 1$), maka persamaan (29) dapat dinyatakan:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = (n' - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (30)$$

Jika benda terletak di tak hingga, maka bayangan akan terletak di titik fokus atau jarak bayangan adalah f , dan persamaan (30) dapat ditulis:

$$\frac{1}{f} = (n' - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (31)$$

Jika ruas kanan persamaan (30) digantikan dengan ruas kiri persamaan (31), maka persamaan (30) dapat ditulis:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad (32)$$

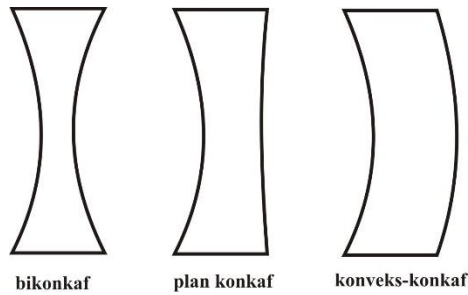
(Darsono, 2017)

C. Pembiasan pada Lensa Cekung

Lensa cekung (konkaf) memiliki bagian tengah lebih tipis dari pada bagian tepinya. Sinar-sinar bias pada lensa ini bersifat memancar (divergen), sehingga lensa cekung disebut lensa divergen.

Lensa cekung terdiri dari tiga jenis yang disajikan pada Gambar 11, yaitu:

- Lensa bikonkaf atau lensa cekung dua
- Lensa plankonkaf atau lensa cekung datar
- Lensa konveks konkaf atau lensa cekung cembung (*meniscus*)



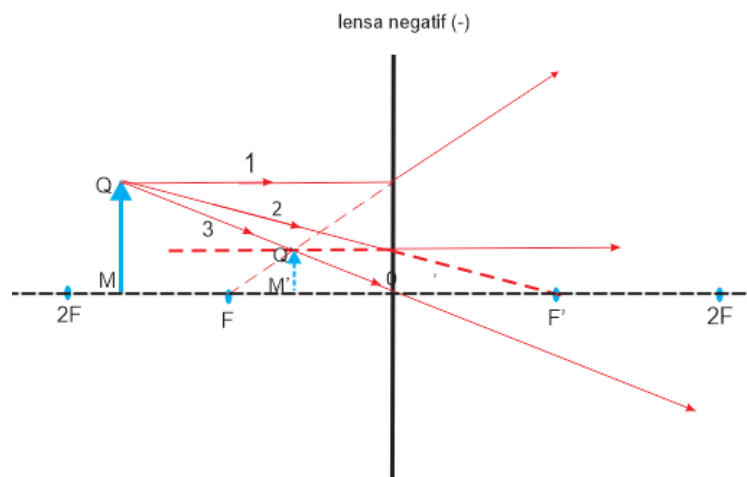
Gambar 11 Jenis-jenis dari lensa cekung

Lensa cekung atau lensa konkaf bersifat menyebarkan sinar-sinar yang datang menuju lensa oleh karena itu, lensa cekung disebut lensa divergen. Jarak fokus lensa cekung diberi tanda negatif, sehingga lensa cekung disebut lensa negatif. Bayangan yang terjadi pada lensa cekung adalah maya, diperkecil, dan tegak. Bayangan ini dibentuk dari perpotongan maupun perpanjangan sinar-sinar istimewa yang berlaku pada lensa cekung.

Pada lensa cekung terdapat tiga sinar istimewa untuk melukis jalannya sinar-sinar. Tiga sinar istimewa tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Sinar Sejajar, digambar sejajar dengan sumbu utama. Sinar ini menyebar dari lensa seolah-olah berasal dari titik fokus kedua.
2. Sinar Pusat, digambar melalui pusat (verteks) lensa. Sinar ini tidak dibelokkan.
3. Sinar Fokus, digambar melalui titik fokus pertama. Sinar ini memancar sejajar dengan sumbu utama.

(Tipler, 2001)



Gambar 12 Sinar istimewa pada lensa cekung

Pada Gambar 12 menunjukkan sinar istimewa pada lensa cekung. $M'Q'$ adalah bayangan maya, yaitu bayangan yang dibentuk oleh perpotongan perpanjangan sinar-sinar bias. Bayangan maya tersebut tidak dapat ditangkap layar (Darsono, 2017).

D. Pembiasan pada Lensa Cembung

Lensa cembung merupakan lensa yang memiliki bentuk tebal di bagian tengah dan tipis di bagian tepinya.

Lensa cembung atau lensa positif terdiri atas tiga bentuk yang disajikan pada Gambar 13, yaitu:

- lensa bikonveks atau lensa cembung dua
- lensa plankonveks atau lensa cembung datar
- lensa konkaf konveks atau lensa cembung cekung



Gambar 13 Jenis-jenis dari lensa cembung

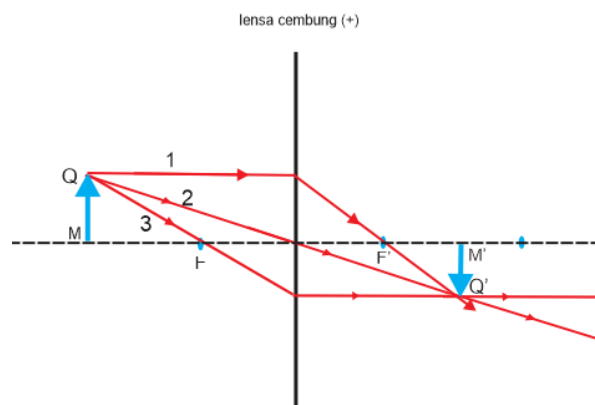
Lensa cembung atau lensa konveks bersifat mengumpulkan sinar-sinar yang datang menuju lensa (konvergen). Oleh karena itu, lensa cembung disebut juga lensa konvergen.

Sinar-sinar sejajar menuju lensa cembung dibiaskan lensa dan melalui satu titik pada sumbu utama. Titik ini disebut titik fokus utama (F). Jarak dari F ke O adalah jarak fokus (f). Titik O adalah titik pusat lensa atau pusat optik.

Pada lensa cembung terdapat tiga sinar istimewa pada lensa cembung untuk melukis jalannya sinar-sinar pada lensa cembung. Tiga sinar istimewa tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Sinar Sejajar yaitu sinar yang digambarkan sejajar dengan sumbu utama. Sinar ini dibelokkan melalui titik fokus kedua dari lensa tersebut.
2. Sinar Pusat yaitu sinar yang digambar melalui pusat lensa (verteks). Sinar ini tidak dibelokkan.
3. Sinar Fokus yaitu sinar yang digambar melalui titik fokus pertama. Sinar ini memancar sejajar dengan sumbu utama.

(Tipler, 2001)



Gambar 14 Sinar istimewa pada lensa cembung

Pada Gambar 14 menunjukkan sinar istimewa pada lensa cembung. M'Q' adalah bayangan nyata, yaitu bayangan yang dibentuk oleh perpotongan sinar-sinar bias. Bayangan nyata tersebut dapat ditangkap oleh layar (Darsono, 2017).

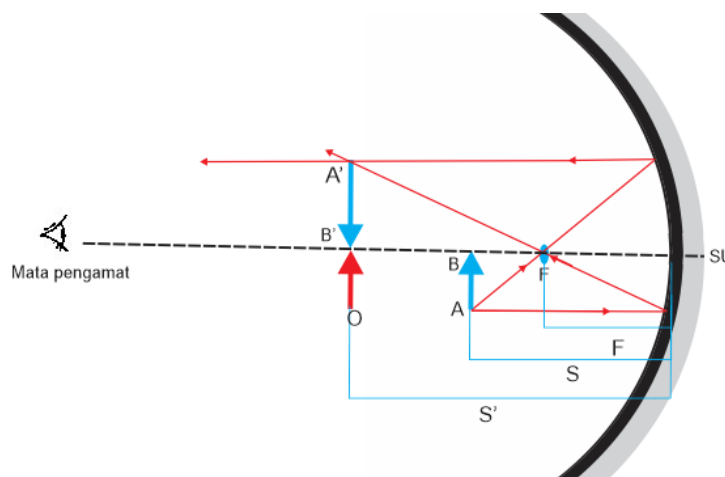
PRAKTIKUM CERMIN DENGAN METODE PARALAKS

Tujuan praktikum

1. Menentukan jarak fokus cermin cekung
2. Menentukan jarak fokus cermin cembung

Teori

1. Pembentukan bayangan pada cermin cekung dengan metode paralaks



Gambar 15 Pembentukan bayangan pada cermin cekung dengan metode paralaks

Keterangan:

AB	: benda	F	: fokus cermin
A'B'	: bayangan	f	: jarak fokus cermin
O	: objek geser	s	: jarak benda
SU	: sumbu utama	s'	: jarak bayangan

Pada Gambar 15 dapat diperhatikan bahwa ketika ada suatu benda (AB) berada di depan cermin cekung yang memiliki fokus tertentu, maka sinar-sinar dari AB akan dipantulkan oleh cermin cekung, sehingga membentuk suatu bayangan (A'B'). Jarak bayangan (A'B') dari cermin cekung tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diukur dengan menempatkan objek geser (O) pada jarak yang sama dengan bayangan (A'B'). Saat objek (O) memiliki jarak yang sama dengan bayangan (A'B'), maka dapat diamati bahwa ujung jarum objek (O) bertepatan dengan ujung jarum bayangan (A'B') seperti pada Gambar 15. Agar jarak objek geser sama dengan jarak bayangan dari cermin, maka harus menggeser objek (O) sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A'B'). Hal tersebut dapat dipastikan dengan mengubah sudut pandang pengamat (menggeserkan kepala ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah).

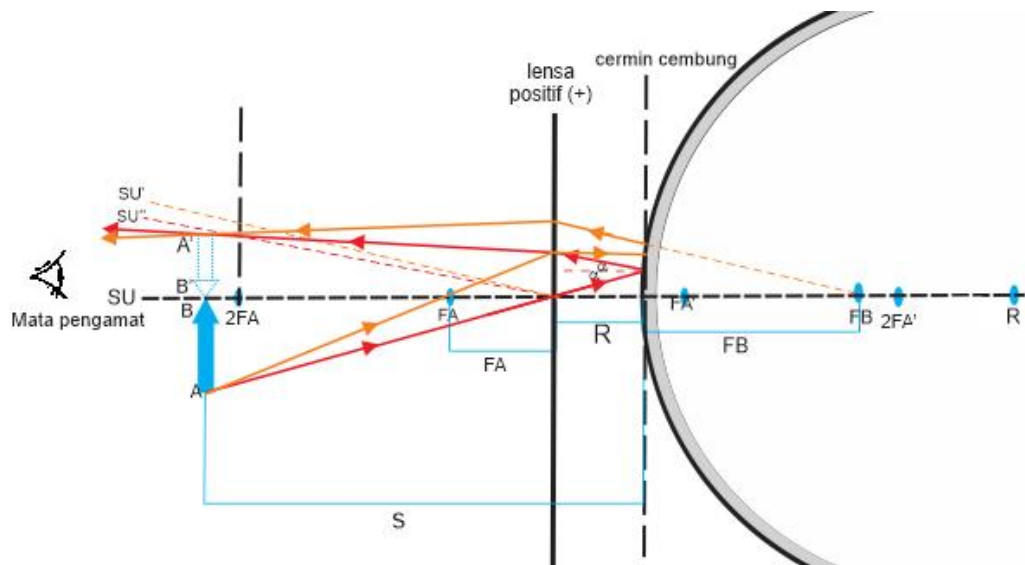
Langkah selanjutnya adalah mengamati apakah ujung objek sudah bertepatan dengan ujung bayangan atau belum bertepatan. Jika belum bertepatan (masih ada jarak), maka dalam keadaan ini masih terdapat paralaks, sehingga paralaks harus dihilangkan dengan menggeser objek geser (O) ke depan atau ke belakang. Kemudian mengubah sudut pandang pengamat sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A'B'), sehingga dalam keadaan ini sudah tidak terdapat

paralaks. Setelah tidak terdapat paralaks, maka jarak bayangan dari cermin dapat ditentukan dengan mengukur jarak objek geser dari cermin (jarak bayangan = jarak objek geser).

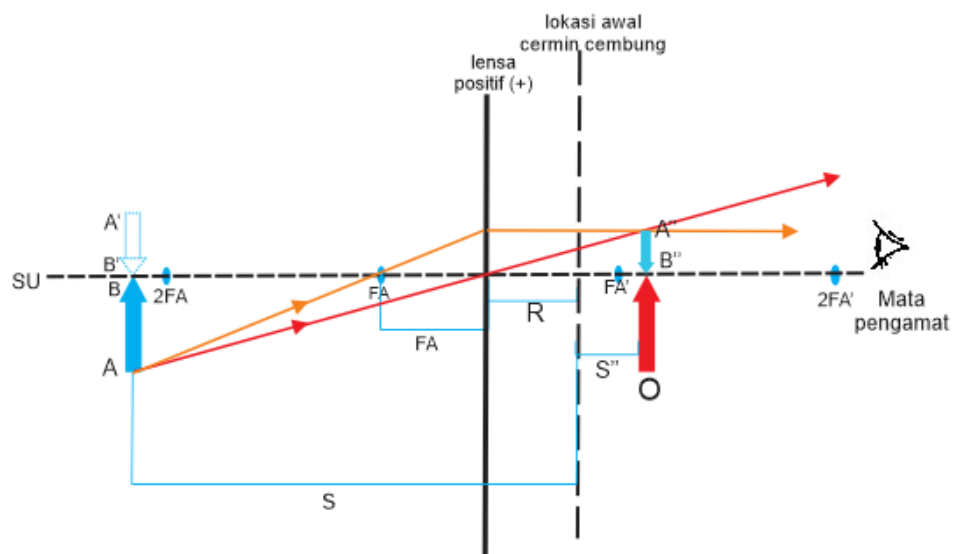
Berdasarkan gambar pembentukan bayangan cermin cekung dengan metode paralaks, jarak fokus cermin dapat ditentukan dengan persamaan:

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

2. Pembentukan Bayangan pada Cermin Cembung dengan Metode Paralaks



(a)



(b)

Gambar 16 (a) Pembentukan bayangan oleh cermin cembung dengan bantuan lensa cembung membentuk bayangan yang memiliki jarak yang sama dengan benda.

(b) Setelah cermin dipindahkan, akan terbentuk bayangan $A'' - B''$

Keterangan:

AB	: benda	SU''	: sumbu perwakilan
A'B'	: bayangan oleh lensa positif dan cermin cembung, dan dijadikan benda untuk cermin cembung	fA	: jarak fokus lensa (+)
A''B''	: bayangan akhir	fB	: jarak fokus cermin cembung(-)
O	: objek geser	R	: jarak lensa (+) dengan cermin cembung
SU	: sumbu utama	s	: jarak benda terhadap cermin cembung
SU'	: sumbu perwakilan	s'	: jarak bayangan terhadap cermin cembung

Pada Gambar 16 (a) dapat diamati bahwa ketika ada suatu benda (AB) berada di depan cermin cembung, kemudian di antara cermin cembung dan benda diletakkan sebuah lensa cembung dengan fokus tertentu, maka benda akan membentuk bayangan (A'B'). Bayangan (A'B') akan dijadikan benda oleh cermin cembung. Namun letak A'B' tidak dapat diukur secara langsung, tetapi dapat diukur dengan menggeser benda AB sehingga ujung benda B akan saling bertepatan dengan ujung bayangan B' seperti pada Gambar 16 (a). Hal tersebut dapat dipastikan dengan mengubah sudut pandang pengamat (menggeserkan kepala ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah).

Langkah selanjutnya adalah mengamati apakah ujung benda B sudah bertepatan dengan ujung bayangan B' atau belum bertepatan. Jika belum bertepatan (masih ada jarak), maka dalam keadaan ini masih terdapat paralaks, sehingga paralaks harus dihilangkan dengan menggeser benda AB ke depan atau ke belakang. Kemudian mengubah

sudut pandang pengamat sampai ujung benda B bertepatan dengan ujung bayangan B', sehingga dalam keadaan ini sudah tidak terdapat paralaks. Setelah tidak terdapat paralaks, maka jarak benda dari cermin dapat diukur dengan mengukur jarak benda AB dari cermin (jarak AB = jarak A'B').

Pada Gambar 17 (b) ketika cermin cembung telah dipindahkan, maka dapat diperhatikan bahwa ketika ada suatu benda (AB) berada di depan lensa cembung yang memiliki fokus tertentu, sehingga sinar-sinar dari (AB) akan dibiaskan oleh lensa cembung dan membentuk suatu bayangan (A"B") yang dijadikan sebagai bayangan oleh cermin cembung. Jarak bayangan (A"B") dari cermin cembung tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diukur dengan menempatkan objek geser (O) pada jarak yang sama dengan bayangan (A"B"). Saat objek (O) memiliki jarak yang sama dengan bayangan (A"B"), maka dapat diamati bahwa ujung jarum objek (O) bertepatan dengan ujung jarum bayangan (A"B") seperti pada Gambar 17 (b). Agar jarak objek geser sama dengan jarak bayangan dari cermin, maka objek (O) harus digeser sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A"B"). Hal tersebut dapat dipastikan dengan mengubah sudut pandang pengamat (menggeserkan kepala ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah).

Langkah selanjutnya adalah dengan mengamati apakah ujung objek sudah bertepatan dengan ujung bayangan atau belum bertepatan. Jika belum bertepatan (masih ada jarak), maka dalam keadaan ini masih terdapat paralaks, sehingga paralaks harus dihilangkan dengan menggeser objek geser (O) ke depan atau ke belakang. Kemudian mengubah sudut pandang pengamat sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A"B"), sehingga dalam keadaan ini

sudah tidak terdapat paralaks. Setelah tidak terdapat paralaks, maka jarak bayangan dari cermin dapat diukur dengan mengukur jarak objek geser dari cermin (jarak bayangan = jarak objek geser).

Berdasarkan gambar pembentukan bayangan cermin cembung dengan metode paralaks, maka jarak fokus cermin dapat ditentukan dengan persamaan:

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

3 Kesepakatan Tanda

Berikut ini adalah kesepakatan tanda yang perlu diperhatikan dalam praktikum optika geometri.

- a. Jarak obyek (s) disebut positif, jika jarak diukur ke arah kiri dari verteks dan negatif jika diukur ke arah kanan dari vertex.
- b. Semua jarak bayangan (s') adalah positif, jika diukur ke arah kanan dari verteks, dan negatif jika diukur ke kiri dari verteks.

(Darsono, 2017)

1. Cermin cekung
2. Cermin cembung
3. Jarum (2 buah),
sebagai objek benda
dan objek geser
4. *Holder*
5. Rel presisi
6. Penggaris

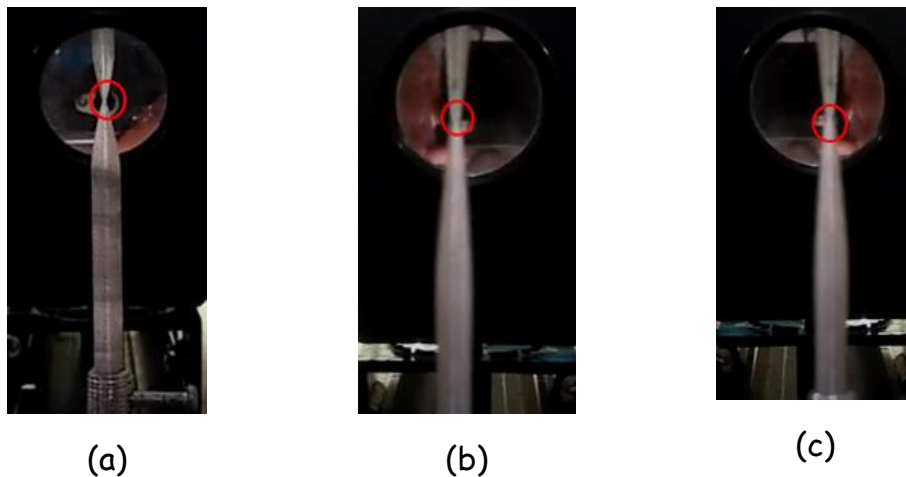
Langkah Percobaan

A. Menentukan jarak fokus pada cermin cekung

1. Pasanglah jarum dan cermin cekung ke dalam *holder*.
2. Letakkan jarum di depan cermin sebagai benda untuk cermin cekung, kemudian catat jarak antara benda dengan cermin sebagai jarak benda (S).
3. Ukurlah jarak antara benda dengan cermin pada bagian penggaris dalam rel presisi.
4. Perhatikan bayangan yang terdapat pada cermin, kemudian letakkan jarum yang kedua sebagai objek geser di belakang jarum (benda) dari cermin sesuai dengan gambar 1.
5. Perhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser.
6. Geserlah jarum objek geser ke depan dan ke belakang, dengan tetap memperhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser sampai ujung jarum keduanya saling bertepatan.
7. Aturilah ketinggian jarum objek geser dengan memutar sekrup yang terdapat pada penyangga jarum (putar sekrup ke kiri untuk

melonggarkan jarum dan putar sekrup ke kanan untuk mengunci jarum).

8. Jika sudah terlihat saling bertepatan, maka pastikan hal tersebut dengan mengganti sudut pandang pengamatan. Geserlah kepala ke kanan dan ke kiri, ke atas dan ke bawah kemudian perhatikan apakah masih saling bertepatan atau terdapat perbedaan jarak antar kedua ujung jarum (paralaks).
9. Geserlah kembali objek geser ke depan dan ke belakang dan perhatikan ujung bayangan dengan ujung objek geser hingga tidak terdapat paralaks.
10. Setelah paralaks dihilangkan dan ujung bayangan dan objek geser saling bertepatan seperti pada Gambar 17, kemudian ukurlah jarak antara objek geser dengan cermin pada rel presisi sebagai jarak bayangan dan catat jarak antara cermin dengan cermin sebagai jarak bayangan (S').



Gambar 17 Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks pada praktikum menentukan fokus cermin cekung

Keterangan:

- (a) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari depan objek geser.
- (b) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kiri objek geser.
- (c) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kanan objek geser.

11. Ulangi percobaan dengan melakukan variasi pada jarak benda terhadap cermin cekung, kemudian masukkan data pengamatan ke dalam tabel data pengamatan.

B. Menentukan jarak fokus pada cermin cembung dengan bantuan lensa cembung

1. Pasanglah jarum, cermin cembung, dan lensa cembung ke dalam holder.
2. Ukurlah jarak antara cermin cembung terhadap lensa cembung (R), dengan memperhatikan penggaris pada rel presisi. Pada langkah ini adalah langkah untuk variasi ke-1.
3. Letakkan jarum (sebagai benda) di depan cermin cembung dan lensa cembung seperti gambar 2 (a).
4. Tentukanlah letak bayangan dari cermin cembung dengan menggeser jarum (objek benda) sampai ujung jarum (objek benda) dengan ujung jarum bayangan akan saling bertepatan.
5. Geserlah jarum objek benda ke depan dan ke belakang dengan tetap memperhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum benda sampai ujung jarum keduanya saling bertepatan.

6. Aturilah ketinggian jarum dengan memutar sekrup yang terdapat pada penyangga jarum (putar sekrup ke kiri untuk melonggarkan jarum dan putar sekrup ke kanan untuk mengunci jarum).
7. Jika sudah terlihat saling bertepatan, maka pastikan hal tersebut dengan mengganti sudut pandang pengamatan. Geserlah kepala ke kanan dan ke kiri, ke atas, dan ke bawah. Kemudian perhatikan apakah masih saling bertepatan atau terdapat perbedaan jarak antar kedua ujung jarum (paralaks).
8. Geserlah kembali jarum objek benda ke depan dan ke belakang dan perhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum benda hingga tidak terdapat paralaks.
9. Setelah paralaks dihilangkan dan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum benda saling bertepatan seperti pada Gambar 18, kemudian ukurlah jarak antara jarum dengan cermin (S) pada bagian penggaris rel presisi dan catatlah ke dalam tabel data pengamatan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 18 Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks pada praktikum menentukan fokus cermin cembung

Keterangan:

(a) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari depan objek geser.

(b) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kiri objek geser.

(c) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kanan objek geser.

10. Pindahkan cermin cembung dari rel presisi dengan tetap meletakkan *holder* sebagai penanda lokasi cermin cembung sesuai dengan Gambar 2(b).

11. Perhatikan bayangan yang terdapat pada lensa, kemudian letakkan jarum yang kedua (objek geser) di posisi bayangan sesuai dengan Gambar 2(b).

12. Perhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser. Geserlah jarum objek geser ke depan dan ke belakang dengan tetap memperhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser sampai ujung jarum keduanya saling bertepatan dan sampai tidak terdapat paralaks. Lakukanlah seperti Langkah 6-8.

13. Ukurlah jarak antara objek geser dengan lensa cekung pada rel presisi sebagai jarak bayangan (S'), kemudian catatlah ke dalam tabel data pengamatan.

14. Ulangi percobaan dengan menggeser lensa cekung (variasi jarak R), kemudian masukkan data pengamatan ke dalam tabel pengamatan.

A. Mencari Fokus Cermin Cekung

Tabel data pengamatan menentukan jarak fokus pada cermin cekung disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data pengamatan percobaan cermin cekung

Fokus cermin cekung secara teori =

No	S(cm)	S'(cm)	$f = \frac{S'S}{(S+S')} \text{ (cm)}$

B. Mencari Fokus Cermin Cembung

Tabel data pengamatan menentukan jarak fokus pada cermin cembung disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data pengamatan percobaan cermin cembung

Fokus cermin cembung secara teori =

Fokus lensa cembung secara teori =

R = jarak cermin-lensa

No	R (cm)	S (cm)	S'(cm)	$f = \frac{S'S}{(S-S')} \text{ (cm)}$

Kesimpulan

Buatlah kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan !

PRAKTIKUM LENSA DENGAN METODE PARALAKS

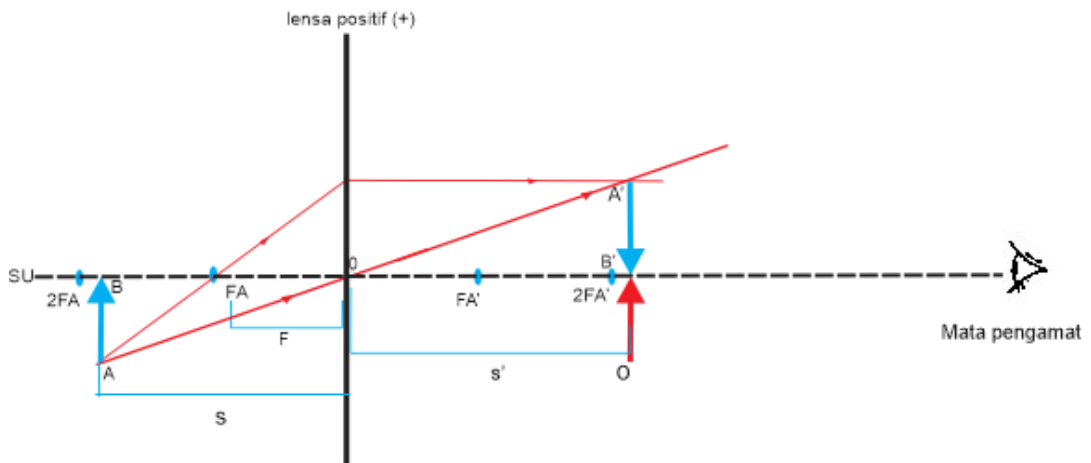
Tujuan praktikum

1. Menentukan jarak fokus lensa cekung
2. Menentukan jarak fokus lensa cembung

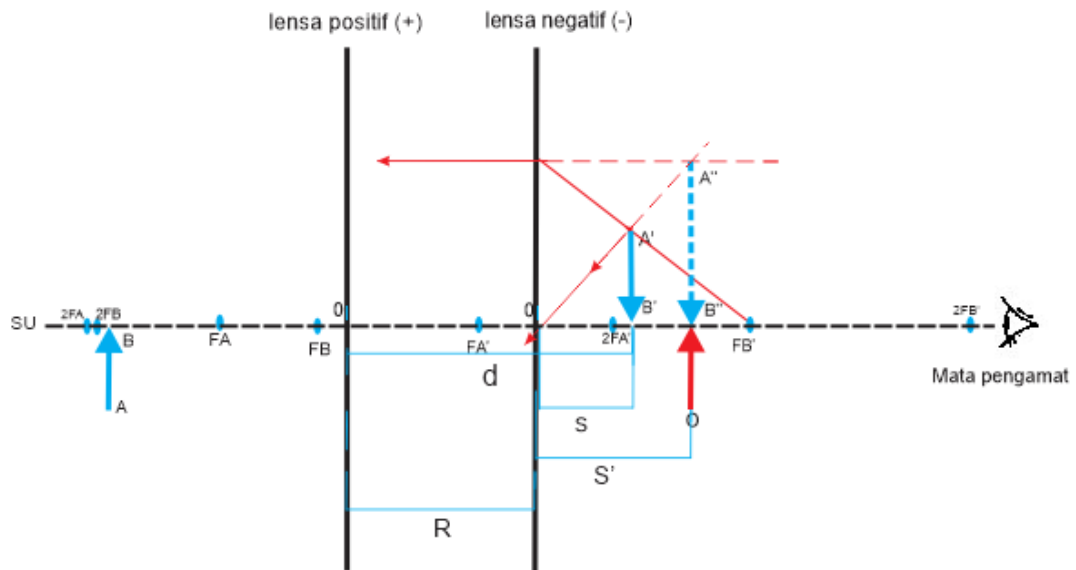
Teori

Lensa adalah suatu medium transparan yang dibatasi oleh dua permukaan melengkung (sferis), meskipun satu dari permukaan lensa dapat merupakan bidang datar. Suatu gelombang datang mengalami dua pembiasan ketika melewati lensa tersebut. Medium kedua sisi lensa tersebut adalah sama dan mempunyai indeks bias udara n dan indeks bias lensa adalah n' (Alonso, 1992).

1. Pembentukan bayangan pada lensa cekung berbantuan lensa cembung dengan metode paralaks



(a)



(b)

Gambar 19 (a) Pembentukan bayangan oleh lensa cembung

(b) Pembentukan bayangan oleh lensa cekung berbantuan lensa cembung dengan metode paralaks

Keterangan:

AB	: benda	fB	: jarak fokus lensa cekung (-)
A'B'	: bayangan oleh lensa cembung (+)	d	: jarak bayangan oleh lensa cembung (+), yang dijadikan sebagai benda untuk lensa cekung (-)
A''B''	: bayangan oleh lensa cekung (-)	s	: jarak benda terhadap lensa cekung ($s = d - R$)
O	: objek geser	s'	: jarak bayangan terhadap lensa cekung (-)
SU	: sumbu utama		
R	: jarak lensa cembung(+) dengan lensa cekung (-)		
fA	: jarak fokus lensa cembung (+)		

Pada Gambar 19 (a) dapat diperhatikan bahwa ketika ada suatu benda (AB) berada di depan lensa cembung yang memiliki fokus tertentu, maka sinar-sinar dari AB akan dibiaskan oleh lensa cembung dan membentuk suatu bayangan (A'B'). Jarak bayangan (A'B') dari lensa cembung tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diukur dengan menempatkan objek geser (O) pada jarak yang sama dengan bayangan (A'B'). Saat objek (O) memiliki jarak yang sama dengan bayangan (A'B'), maka dapat diamati bahwa ujung jarum objek (O) bertepatan dengan ujung jarum bayangan (A'B') seperti pada Gambar 19 (a). Agar jarak objek geser sama dengan jarak bayangan dari lensa cembung, maka objek (O) harus digeser sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A'B'). Hal tersebut dapat dipastikan dengan mengubah sudut pandang pengamat (menggeserkan kepala ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah).

Langkah selanjutnya adalah mengamati apakah ujung objek sudah bertepatan dengan ujung bayangan atau belum bertepatan. Jika belum bertepatan (masih ada jarak), maka dalam keadaan ini masih terdapat paralaks, sehingga paralaks harus dihilangkan dengan menggeser objek geser (O) ke depan atau ke belakang. Kemudian mengubah sudut pandang pengamat sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan ($A'B'$), sehingga dalam keadaan ini sudah tidak terdapat paralaks. Setelah tidak terdapat paralaks, maka jarak bayangan dari lensa cembung dapat diukur dengan mengukur jarak objek geser dari lensa cembung (jarak $d =$ jarak objek geser). Adapun bayangan benda ($A'B'$) oleh lensa cembung akan dijadikan sebagai benda oleh lensa cekung.

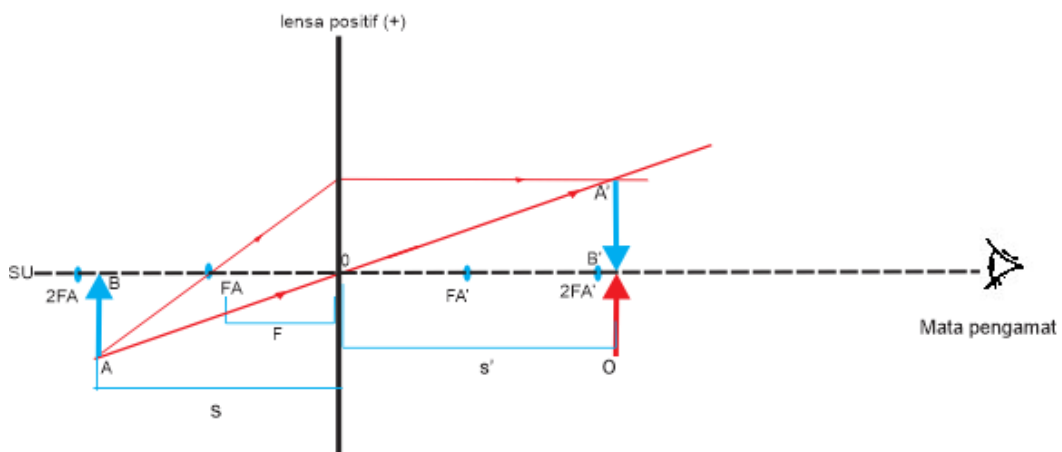
Kemudian pada Gambar 19 (b) ketika lensa cekung diletakkan di antara lensa cembung dan objek ($A'B'$), dapat diperhatikan bahwa objek tersebut akan membentuk suatu bayangan ($A''B''$) yang dijadikan sebagai bayangan oleh lensa cekung. Jarak bayangan ($A''B''$) dari lensa cekung tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diukur dengan menempatkan objek geser (O) pada jarak yang sama dengan bayangan ($A''B''$). Saat objek (O) memiliki jarak yang sama dengan bayangan ($A''B''$), maka dapat diamati bahwa ujung jarum objek (O) bertepatan dengan ujung jarum bayangan ($A''B''$) seperti pada Gambar 17 (b). Agar jarak objek geser sama dengan jarak bayangan dari lensa cekung, maka objek (O) harus digeser sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan ($A''B''$). Hal tersebut dapat dipastikan dengan mengubah sudut pandang pengamat (menggeserkan kepala ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah).

Langkah selanjutnya adalah mengamati apakah ujung objek sudah bertepatan dengan ujung bayangan atau belum bertepatan. Jika belum bertepatan (masih ada jarak), maka dalam keadaan ini masih terdapat paralaks, sehingga paralaks harus dihilangkan dengan menggeser objek geser (O) ke depan atau ke belakang. Kemudian mengubah sudut pandang pengamat sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A''B''), sehingga dalam keadaan ini sudah tidak terdapat paralaks. Setelah tidak terdapat paralaks, maka jarak bayangan dari cermin dapat diukur dengan mengukur jarak objek geser dari lensa cekung (jarak A''B'' = jarak objek geser). Adapun jarak benda (s) terhadap lensa cekung adalah $s = d - R$.

Berdasarkan gambar pembentukan bayangan lensa cekung dengan metode paralaks, maka jarak fokus cermin dapat ditentukan dengan persamaan:

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

2. Pembentukan bayangan pada lensa cembung dengan metode paralaks.



Gambar 20 Pembentukan bayangan pada lensa dengan metode paralaks

Keterangan:

AB	: benda	F	: fokus lensa
A'B'	: bayangan	f	: jarak fokus lensa
O	: objek geser	s	: jarak benda
SU	: sumbu utama	s'	: jarak bayangan

Pada Gambar 20 dapat diperhatikan bahwa ketika ada suatu benda (AB) berada di depan lensa cembung yang memiliki fokus tertentu, maka sinar-sinar dari AB akan dibiaskan oleh lensa cembung sehingga membentuk suatu bayangan (A'B'). Jarak bayangan (A'B') dari lensa cembung tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diukur dengan menempatkan objek geser (O) pada jarak yang sama dengan bayangan (A'B'). Saat objek (O) memiliki jarak yang sama dengan bayangan (A'B'), maka dapat diamati bahwa ujung jarum objek (O) bertepatan dengan ujung jarum bayangan (A'B') seperti pada Gambar 18. Agar jarak objek geser sama dengan jarak bayangan dari lensa cembung, maka objek (O) harus digeser sampai ujung objek geser (O) bertepatan dengan ujung bayangan (A'B'). hal tersebut dapat dipastikan dengan mengubah sudut pandang pengamat (menggeserkan kepala ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah).

Langkah selanjutnya adalah mengamati apakah ujung objek sudah bertepatan dengan ujung bayangan atau belum bertepatan. Jika belum bertepatan, maka dalam keadaan ini masih terdapat paralaks, sehingga paralaks harus dihilangkan dengan menggeser objek geser (O) ke depan atau ke belakang. Kemudian mengubah sudut pandang pengamat sampai ujung jarum objek geser (O) bertepatan dengan ujung jarum bayangan (A'B'), sehingga dalam keadaan ini sudah tidak terdapat paralaks.

Setelah tidak terdapat paralaks, maka jarak bayangan dari lensa cembung dapat diukur dengan mengukur jarak objek geser dari lensa cembung (jarak bayangan = jarak objek geser).

Berdasarkan gambar pembentukan bayangan lensa cembung dengan metode paralaks, maka jarak fokus cermin dapat ditentukan dengan persamaan:

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

3. Kesepakatan Tanda

Berikut ini adalah kesepakatan tanda yang perlu dipahami dalam praktikum optika geometri.

- a. Jarak obyek (s) disebut positif, jika jarak diukur ke arah kiri dari verteks dan negatif jika diukur ke arah kanan dari verteks.
- b. Semua jarak bayangan (s') adalah positif, jika diukur ke arah kanan dari verteks, dan negatif jika diukur ke kiri dari verteks.
- c. Kedua jarak fokus dinyatakan positif untuk sistem cembung dan negatif untuk sistem cekung.

(Darsono, 2017)

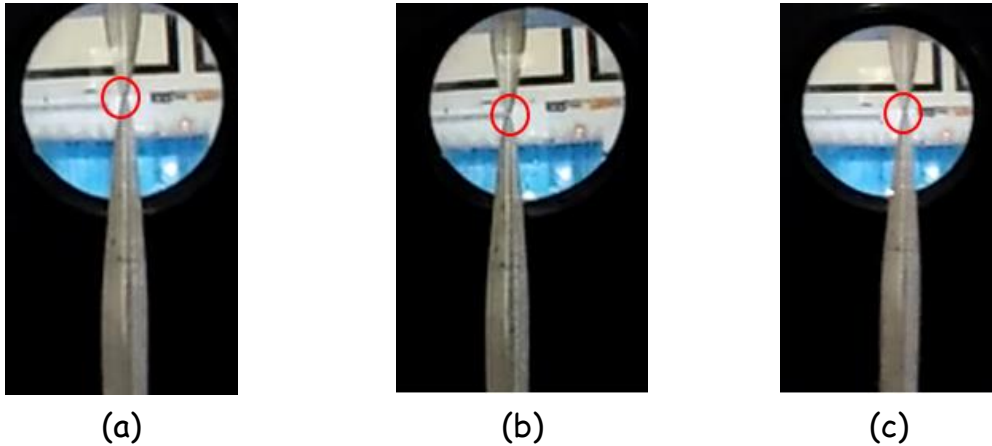
Alat dan Bahan

1. Lensa cekung
2. Lensa cembung
3. Rel presisi
4. *Holder*
5. Penggaris
6. Jarum (2 buah), sebagai objek benda dan objek geser

Langkah Percobaan

- A. Menentukan jarak fokus pada lensa cekung dengan bantuan lensa cembung**
1. Pasanglah jarum, lensa cekung, dan lensa cembung ke dalam *holder*.
 2. Letakkan jarum (sebagai benda) di depan lensa cembung seperti gambar 3 (a).
 3. Tentukan letak bayangan dari lensa cembung dengan menggeser jarum (benda) sampai ujung jarum (benda) dengan ujung jarum bayangan akan saling bertepatan.
 4. Perhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser. Geserlah jarum objek geser ke depan dan ke belakang dengan tetap memperhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser sampai ujung jarum keduanya saling bertepatan.
 5. Aturilah ketinggian jarum objek geser dengan memutar sekrup yang terdapat pada penyangga jarum (putar sekrup ke kiri untuk melonggarkan jarum dan putar sekrup ke kanan untuk mengunci jarum).
 6. Jika sudah terlihat saling bertepatan, maka pastikan hal tersebut dengan mengganti sudut pandang pengamatan. Geserlah kepala ke kanan dan ke kiri, ke atas dan ke bawah, kemudian perhatikan apakah masih saling bertepatan atau terdapat perbedaan jarak antar kedua ujung jarum (paralaks).
 7. Geserlah kembali objek geser ke depan dan ke belakang dengan tetap memperhatikan ujung bayangan dengan ujung objek geser hingga tidak terdapat paralaks.

8. Setelah paralaks dihilangkan dan ujung bayangan dan objek geser saling bertepatan seperti Gambar 21, kemudian ukurlah jarak antara objek geser dengan lensa cembung (+) pada rel presisi sebagai (d) dan catat / tandailah lokasi tersebut.



Gambar 21 Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks pada praktikum menentukan fokus lensa cekung

Keterangan:

- (a) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari depan objek geser.
- (b) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kiri objek geser.
- (c) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kanan objek geser.
9. Langkah selanjutnya adalah melakukan variasi pertama yakni variasi jarak R (jarak antara lensa cembung dengan lensa cekung). Letakkan lensa cekung diantara lensa cembung dan bayangan A'B' pada rel presisi seperti gambar 3 (b) untuk variasi 1, kemudian catatlah R dan jarak antara lensa cekung dengan bayangan oleh lensa cembung

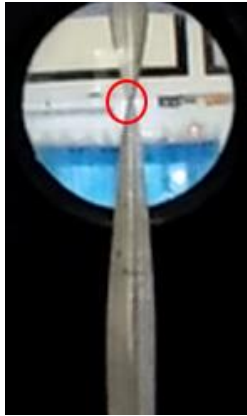
sebagai jarak benda terhadap lensa cekung (S) ke dalam tabel data pengamatan.

10. Perhatikan bayangan yang terdapat pada lensa, kemudian letakkan jarum yang kedua sebagai objek geser di posisi bayangan sesuai dengan gambar 3 (b).
11. Perhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser. Geserlah jarum objek geser ke depan dan ke belakang dengan tetap memperhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser sampai ujung jarum keduanya saling bertepatan dan sampai tidak terdapat paralaks. Lakukanlah seperti langkah 5-8.
12. Ukurlah jarak antara objek geser dengan lensa cekung pada rel presisi sebagai jarak bayangan (S'), kemudian catatlah ke dalam tabel data pengamatan.
13. Ulangi percobaan dengan menggeser lensa cekung (variasi jarak R), kemudian masukkan data pengamatan ke dalam tabel pengamatan.

B. Menentukan jarak fokus pada lensa cembung

1. Pasanglah jarum dan lensa cembung ke dalam *holder*.
2. Letakkan jarum di depan lensa cembung, sebagai benda untuk lensa cembung.
3. Ukurlah jarak antara benda dengan lensa cembung pada bagian penggaris rel presisi, kemudian catat jarak antara benda dengan lensa sebagai jarak benda (S).
4. Perhatikan bayangan yang terdapat di lensa cembung, kemudian letakkan jarum yang kedua sebagai objek geser di belakang lensa cembung sesuai dengan gambar 4.
5. Perhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser.

6. Geserlah jarum objek geser ke depan dan ke belakang dengan tetap memperhatikan ujung jarum bayangan dengan ujung jarum objek geser sampai ujung jarum keduanya saling bertepatan.
7. Aturlah ketinggian jarum objek geser dengan memutar sekrup yang terdapat pada penyangga jarum (putar sekrup ke kiri untuk melonggarkan jarum dan putar sekrup ke kanan untuk mengunci jarum).
8. Jika sudah terlihat saling bertepatan, maka pastikan hal tersebut dengan mengganti sudut pandang pengamatan. Geserlah kepala ke kanan dan ke kiri, ke atas dan ke bawah, kemudian perhatikan apakah masih saling bertepatan atau terdapat perbedaan jarak antar kedua ujung jarum (paralaks).
9. Geserlah kembali objek geser ke depan dan ke belakang dan perhatikan ujung bayangan dengan ujung objek geser hingga tidak terdapat paralaks.
10. Setelah paralaks dihilangkan dan ujung bayangan dan objek geser saling bertepatan seperti pada Gambar 22, kemudian ukurlah jarak antara objek geser dengan lensa pada rel presisi sebagai jarak bayangan (S') dan catatlah ke dalam tabel data pengamatan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 22 Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks pada praktikum menentukan fokus lensa cembung

Keterangan:

- (a) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari depan objek geser.
- (b) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kiri objek geser.
- (c) : Hasil bayangan saat tidak terdapat paralaks diamati dari sebelah kanan objek geser.

11. Ulangi percobaan dengan melakukan variasi pada jarak benda terhadap lensa cembung, kemudian masukkan data pengamatan ke dalam tabel pengamatan.

Tabel Data Pengamatan

A. Mencari Fokus Lensa Cekung

Tabel data pengamatan menentukan jarak fokus pada Lensa cekung disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data pengamatan percobaan lensa cekung

fokus lensa cekung secara teori =

fokus lensa cembung secara teori =

No	S (cm)	S'(cm)	$f = \frac{S'S}{(S-S')}$ (cm)

B. Mencari Fokus Lensa Cembung

Tabel data pengamatan menentukan jarak fokus pada lensa cembung disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Data pengamatan percobaan lensa cembung

fokus lensa cembung secara teori =

No	S (cm)	S'(cm)	$F = \frac{S'S}{(S+S')}$ (cm)

Kesimpulan

Buatlah kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan !

DAFTAR PUSTAKA

- Arny, T. T., & Stephen, E. S. 2014. *Exploration: An Introduction to Astronomy (Seven Editions)*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Darsono, T. 2017. *Bahan Ajar Optika*. Semarang: UNNES.
- Dufour, F. 2018. *The Realities of 'Reality'*. Fritz Dufour: France.
- Ellianawati. 2011. *Optik*. Semarang: UNNES.
- Nirsal. 2012. Perangkat Lunak Pembentukan Bayangan pada Cermin dan Lensa. *Jurnal Ilmiah D'computere* 2(2):24-33
- Sumadji, dkk. 1981. *Petunjuk Praktikum Ilmu Alam S.M.A jilid 2*. Jakarta: P.T. EFHAR Semarang.
- Tim Dosen Fisika Dasar 2. 2016. *Buku Panduan Praktikum Fisika Dasar 2*. Semarang: UNNES.

PANDUAN PRAKTIKUM OPTIKA GEOMETRI DENGAN METODE PARALAKS

Buku ini merupakan buku ajar yang digunakan pada mata kuliah Fisika Dasar 2. Pada buku ini berisi informasi mengenai optika geometri dan berisi panduan dalam melakukan kegiatan praktikum optika geometri menggunakan metode paralaks.

Secara umum, buku ini dapat dipergunakan oleh dosen, mahasiswa S1, S2, dan S3, serta peneliti.

