BAB II

KAJIAN TEORETIK

A. Konsep Pengembangan Model

1. Konsep Penelitian Pengembangan

Metode penelitian pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu. Untuk menghasilkan produk tersebut diperlukan kegiatan analisis kebutuhan (Sugiyono, 2006: 407).

Penelitian pengembangan secara sederhana dapat diartikan sebagai metode penelitian yang direncanakan, dilakukan secara sistematis, tujuannya untuk menemukan, merumuskan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan, menguji keefektifan produk, model, metode/strategi, cara, jasa, prosedur tertentu yang lebih unggul, baru, efektif, efisien, produktif dan bermakna (Putra, 2013: 67).

Sukmadinata, mendefinisikan penelitian pengembangan dengan istilah Penelitian dan Pengembangan atau *Research* and *Development* (R&D), yaitu suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan (Sukmadinata, 2012: 164).

Richey dan Klein, mengistilahkan penelitian pengembangan sebagai *Design dan Development Research*, mereka mendefinisikannya sebagai:

"*The systematic study of design, development and evaluation processes with the aim of establishing an empirical basis for the creation of*

instructional and non instructional products and tools and new or enhanced models that govern their development".(Richey dan Klein, 2007: 1).

Yaitu, studi sistematis tentang desain, pengembangan dan proses evaluasi dengan maksud mengembangkan suatu dasar empiris untuk membuat produk instruksional dan non instruksional dan perangkatnya berupa produk baru atau produk lama yang dikembangkan.

Menurut menurut Puslitjaknov, penelitian pengembangan didefinisikan sebagai prosedur yang harus ditempuh oleh peneliti/pengembang dalam membuat produk. Metode penelitian pengembangan memuat tiga komponen utama yaitu: (1) model pengembangan, (2) prosedur atau tahap-tahap pengembangan dan (3) uji coba produk (Puslitjaknov, 2008: 9)

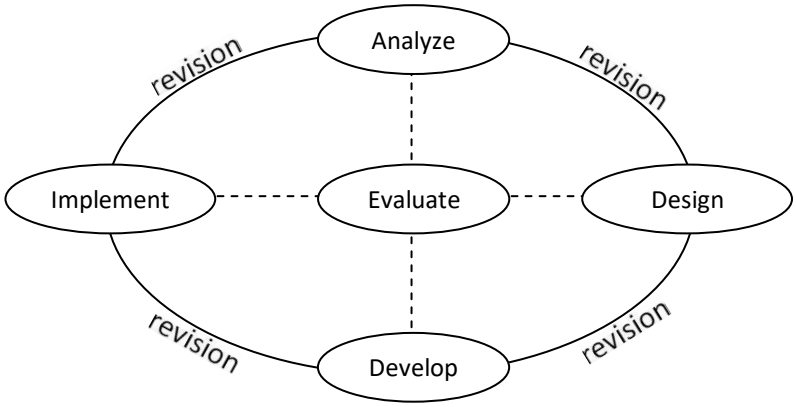
Berdasarkan beberapa referensi tersebut, penelitian pengembangan dapat didefinisikan sebagai, suatu kegiatan yang memiliki tahapan-tahapan tertentu untuk menghasilkan suatu produk baru atau produk penyempurnaan dari produk yang telah ada untuk keperluan instruksional, non instruksional maupun komersil.

2. Model Pengembangan *ADDIE*

Model pengembangan adalah suatu acuan yang berguna dalam melakukan kegiatan pengembangan. Model pengembangan dapat dijadikan sebagai panduan dalam melakukan tahapan-tahapan yang diperlukan dalam kegiatan pengembangan/pembuatan produk tersebut.

Sukmadinata (2012: 168), mengungkapkan bahwa dalam rangka penyusunan tesis dan disertasi banyak model dan metode dalam teknologi instruksional yang dapat digunakan untuk pengembangan produk berupa *software*, maupun *hardware*.

Ada banyak model yang dapat dijadikan acuan untuk kegiatan pengembangan produk, namun pada tesis ini penulis hanya akan mengulas model *ADDIE* yang akan digunakan oleh penulis. *ADDIE* adalah suatu model pengembangan yang memiliki acuan lima tahapan umum dalam kegiatan pengembangan, yaitu: (1) *Analisys*, (2) *Design*, (3) *Develop* (4) *Implement*, dan (5) *Evaluate*. (Branch, 2009). Tujuan penelitian pengembangan menggunakan *ADDIE* menurut Branch (2009: 2) adalah menghasilkan sumber belajar/produk pembelajaran yang efektif.



Gambar 2.1. Model *ADDIE*, (Branch, 2009)

Berikut adalah deskripsi tahapan kegiatan pengembangan mengacu pada model *ADDIE* (Branch, 2009).

Tabel 2.1 Langkah-langkah pengembangan media menggunakan tahapan *ADDIE*.

No	Tahapan *ADDIE*	Langkah-langkah pengembangan media
1	*Analysis*	- menemukan permasalahan belajar siswa (*performance gap*), beserta gaya belajarnya. - menentukan karakter media yang dapat digunakan untuk mengatasi *performance gap* tersebut dan mengakomodasi gaya belajar siswa. - menentukan mekanisme sistem media yang akan dikembangkan - menentukan tujuan ketercapaian kompetensi yang diharapkan menggunakan media yang dikembangkan. - menentukan estimasi biaya yang diperlukan dalam mengembangkan media tersebut.
2	*Design*	- menentukan agenda dan *deadline* kegiatan pengembangan media - menentukan dan membagi peran anggota tim pengembang media yang terlibat. - menentukan spesifikasi media yang akan dikembangkan - menyusun struktur konten belajar yang akan dimuat. - menyusun strategi pengujian media. - menentukan keuntungan pencapaian yang akan diperoleh dari media yang dikembangkan.
3	*Develop*	- membuat kerangka kerja (*framework*) mengenai perangkat (fitur/*tools*) media yang akan dikembangan

No	Tahapan *ADDIE*	Langkah-langkah pengembangan media
		sebagai standar. - membuat media yang sesuai dengan kerangka kerja. - membuat panduan penggunaan media yang telah dikembangkan. - melakukan uji validasi ahli - melakukan uji coba media - mereview dan merevisi media yang dikembangkan - mengimplementasikan media yang telah digunakan
4	*Implement*	- mempersiapkan guru/tutor agar siap mengajar menggunakan media yang telah dikembangkan - mempersiapkan siswa agar siap belajar menggunakan menggunakan media yang telah dikembangkan. - menggunakan media yang dikembangkan hingga sampai tahap kegiatan evaluasi kegiatan pembelajaran.
5	*Evaluate*	- menentukan kriteria evaluasi media, berdasarkan: persepsi siswa, kualitas pembelajaran, dan ketercapaian kompetensi siswa. - memilih perangkat evaluasi: angket skala sikap, perangkat observasi, dan soal *test* kompetensi. - melakukan kegiatan evaluasi media hasil pengembangan yang telah diimplementasikan.

B. Modul Multimedia Fisika (MMF)

1. Definisi Fisika

Giancoli (1999: 1) memberikan perinciannya tentang bahasan fisika yaitu meliputi: persoalan tentang gerak, fluida, panas, suara, cahaya, listrik dan magnet, dan topik-topik modern seperti relativitas, struktur atom, fisika zat padat, fisika nuklir, partikel elementer dan astrofika.

Sedangkan Tipler (1998: 1) menyatakan bahwa kajian dan bidang telaah dalam fisika berhubungan dengan materi dan energi, dengan hukum-hukum yang mengatur gerakan partikel dan gelombang, dengan interaksi antarpartikel, dan dengan sifat-sifat molekul, atom dan inti atom, dan dengan sistem-sistem berskala besar seperti gas, zat cair, dan zat padat. Secara ringkas, fisika dalam pandangan Tipler merupakan ilmu yang mempelajari fenomena dan hukum serta hubungan keteraturan antar materi dan energi.

Serway dan Jewet (2004: 1) menyatakan bahwa fisika adalah ilmu fundamental dalam ilmu sains yang mempelajari tentang perilaku materi, fisika memusatkan kajiannya berkaitan dengan prinsip-prinsip dasar yang ada di alam semesta. Bidang telaah, dalam ilmu fisika menurut Serway mencakup: i) mekanika klasik, ii) relativitas, iii) termodinamika, iv) elektrodinamika, v) optika dan vi) mekanika kuantum.

Tujuan ilmu fisika menurut *Britanica Ensyclopedia* (Britannica, 2010) adalah: *to formulate comprehensive principles that bring together and explain all discernible phenomena*. Yaitu untuk merumuskan prinsip menyeluruh yang saling berkaitan dan menjelaskan tentang semua gejala alam yang dapat diamati.

Menurut tinjauan kurikulum (Depdiknas, 2003: 6), mata pelajaran fisika adalah salah satu mata pelajaran dalam rumpun sains (ilmu alam) yang dapat

mengembangkan kemampuan berpikir analitis induktif dan deduktif dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan peristiwa alam sekitar, baik secara kualitatif maupun kuantitatif dengan menggunakan matematika, serta dapat mengembangkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap percaya diri.

2. Konsep Multimedia

a. Definisi multimedia

Ada banyak konsep yang merujuk dengan istilah multimedia. Darmawan (2013: 31) mengungkapkan bahwa, pemaknaan mulitimedia kini lebih cenderung dikaitkan dengan pengintegrasian sistem dan jaringan dan prosedur komunikasi dalam suatu perangkat khusus, seperti radio, komputer dan *netbook*.

Menurut Arsyad (2011: 170), multimedia sejatinya adalah penggunaan banyak lebih dari satu media dalam keperluan menyampaikan pesan. Dalam hal ini, multimedia dapat merupakan kombinasi antara teks, grafik, animasi, suara, dan video. Kombinasi tersebut sejatinya dapat dipenuhi perangkat media berbasis TIK seperti komputer, atau sejenisnya. Dengan kata lain, perangkat berbasis TIK seperti komputer, laptop, *handphone*, komputer tablet dan sejenisnya dapat digolongkan sebagai perangkat multimedia.

Hard (2009: 3) secara khusus, mendefinisikan multimedia dalam konteks pembelajaran sebagai bentuk presentasi materi dengan menggunakan kata-kata (tekstual atau verbal) dan gambar (gambar diam, atau gambar bergerak).

Sementara itu, Daryanto (2013: 51), membagi multimedia ke dalam dua kategori, yaitu multimedia linear dan multimedia interaktif. Multimedia

linear adalah multimedia yang tidak memiliki alat pengontrol apapun yang dapat dioperasikan oleh pengguna. Multimedia ini berjalan berurutan/sekuensial, contohnya yaitu TV dan film. Sedangkan multimedia interaktif, adalah suatu multimedia yang dilengkapi alat pengontrol yang dapat dioperasikan oleh pengguna, sehingga pengguna dapat memilih langkah atau menu apa yang diinginkan untuk tahap selanjutnya. Contoh dari multimedia ini yaitu, pembelajaran interaktif, aplikasi game dan lain-lain.

Vaughan (2011: 1) menyatakan: "*is any combination of text, art, sound, animation, and video delivered to you by computer or other electronic or digitally manipulated means".* Dapat diartikan multimedia adalah jalinan kombinasi dari teks, fotografi, gambar seni, suara, animasi dan potongan video yang dapat diberikan komputer dalam bentuk manipulasi digital.

Berdasarkan uraian definisi multimedia di atas, maka penulis mensintesiskan definisi multimedia sebagai suatu perangkat sistem penyampaian yang mendukung kombinasi konten *audio-visual* maupun konten yang telah dimanipulasi secara digital seperti *game* dan simulasi.

b. Prinsip-prinsip desain multimedia

Kegiatan pengembangan suatu produk multimedia perlu memperhatikan beberapa prinsip desain produk multimedia. Berdasarkan hasil risetnya, Hard (2009: 270-271) mengungkapkan ada tujuh prinsip yang perlu diperhatikan dalam kegiatan desain multimedia, yaitu:

1) Prinsip multimedia: siswa bisa belajar lebih baik dari kata-kata dan gambar-gambar daripada kata-kata saja.

2) Prinsip keterdekatan ruang: siswa bisa belajar lebih baik saat kata-kata dan gambar-gambar saling terkait disajikan saling berdekatan daripada saling berjauhan atau di layar.

3) Prinsip keterdekatan waktu: siswa bisa belajar lebih baik saat kata-kata dan gambar-gambar terkait disajikan secara berbarengan daripada berurutan/bergantian.

4) Prinsip koherensi: siswa bisa belajar lebih baik saat kata-kata gambar-gambar, atau suara-suara ekstra/tambahan dibuang daripada dimasukkan.

5) Prinsip modalitas. Siswa bisa belajar lebih baik dari animasi dan narasi daripada animasi dan teks *on-screen*.

6) Prinsip redundansi: Siswa bisa belajar lebih baik dari animasi dan narasi daripada dari animasi, narasi, dan teks *on-screen*.

7) Prinsip perbedaan individual: pengaruh desain lebih kuat terhadap siswa berpengetahuan rendah daripada berpengetahuan tinggi, dan terhadap siswa berkemampuan spasial yang tinggi daripada berspasial rendah.

Selain dari ketujuh prinsip tersebut di atas, Chaeruman (2010), menyisipkan tiga prinsip tambahan, yaitu:

8) Prinsip interaktifitas: yaitu orang akan belajar lebih baik ketika ia dapat mengendalikan atau mengontrol sendiri tentang apa yang sedang dipelajarinya. Contoh: belajar tentang pembentukan bayangan lebih baik dengan simulasi interaktif daripada dengan gambar dan teks.

9) Prinsip Sinyal: *cue* – *highlight* – penekanan., orang belajar lebih baik ketika kata-kata diikuti, dengan cue, *hihgliht*, penekanan yang relevan terhadap apa yang disajikan. Contoh: *cue–highlight pada* penulisan definisi pemantulan cahaya: **Pemantulan** Cahaya adalah berubahnya arah rambat

suatu cahaya ketika mengenai bidang batas medium yang berbeda kerapatannya.

10) Prinsip personalisasi: orang belajar lebih baik dari dari teks/kata-kata yang bersifat komunikatif (*conversational*) dari pada kata-kata yang bersifat formal.

c. Instrumen evaluasi multimedia

Produk multimedia yang telah dikembangkan perlu memasuki tahapan evaluasi. Evaluasi dianggap penting dilakukan untuk kelayakan multimedia yang dikembangkan. Untuk menilai kelayakan produk multimedia ini diperlukan suatu instrumen.

Untuk membuat instrumen, peneliti atau pengembang perlu memperhatikan beberapa komponen evaluasi sebagai acuan penilaian kelayakannya. Menurut Dikmenum komponen evaluasi pengembangan media pembelajaran antara lain mencakup: Kelayakan Isi, Kebahasaan, Sajian, dan Kegrafikan **(**Dikmenum**,** 2010**).** Berikut penjabarannya**:**

a. Komponen Kelayakan Isi mencakup, antara lain:

1) Kesesuaian dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar
2) Kesesuaian dengan perkembangan anak (secara psikologis)
3) Kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar
4) Kebenaran substansi materi pembelajaran
5) Manfaat untuk penambahan wawasan
6) Kesesuaian dengan nilai moral, dan nilai-nilai sosial

b. Komponen Kebahasaan antara lain mencakup:

1) Keterbacaan
2) Kejelasan informasi

3) Kesesuaian dengan kaidah PUEBI

4) Pemanfaatan bahasa secara jelas dan singkat

c. Komponen Penyajian antara lain mencakup:

1) Kejelasan tujuan (indikator) yang ingin dicapai

2) Urutan sajian

3) Pemberian motivasi, daya tarik

4) Interaksi (pemberian stimulus dan respon)

5) Kelengkapan informasi

d. Komponen Kegrafikan antara lain mencakup:

1) Penggunaan huruf (*font*): jenis dan ukuran.

2) *Layout* atau tata letak

3) Ilustrasi, gambar, foto

4) Desain tampilan

Menurut Walker dan Hess (Azhar, 2002) kriteria penilaian perangkat lunak media pembelajaran didasarkan pada kualitas, yaitu meliputi:

a. Kualitas isi dan tujuan

1) Ketepatan

2) Kepentingan

3) Kelengkapan

4) Keseimbangan

5) Minat/perhatian

6) Kesesuaian dengan situasi siswa

b. Kualitas pembelajaran

1) Memberikan kesempatan belajar

2) Memberikan bantuan untuk belajar
3) Kualitas memotivasi
4) Fleksibilitas intruksionalnya
5) Hubungannya dengan program pengajaran lainnya
6) Kualitas tes dan peniliaiannya
7) Dapat memberi dampak bagi siswa
8) Dapat membawa dampak bagi guru dan pengajarannya

c. Kualitas teknis

1) Keterbacaan
2) Mudah digunakan
3) Kualitas tampilan/tayangan
4) Kualitas penanganan jawaban
5) Kualitas pengelolaan programnya

Poin-poin komponen evaluasi/penilaian tersebut dijadikan sebagai bahan acuan peneliti untuk menyusun kisi-kisi instrumen untuk penilaian multimedia interaktif yang akan dikembangkan.

3. Konsep Modul

a. Definisi modul

Nasution, mendefinisikan modul sebagai, suatu unit yang lengkap yang berdiri sendiri dan terdiri atas suatu rangkaian kegiatan belajar yang disusun untuk membantu siswa mencapai sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas (Nasution, 2009: 205).

Menurut Nasution pembelajaran mengggunakan modul, merupakan suatu bentuk paradigma belajar individual (Nasution, 2009: 655). Hal ini senada dengan paham konstruktivistik dalam pendidikan yang kini sedang gencar dikampanyekan melalui kurikulum 2013, di mana para siswa memiliki kemampuan untuk belajar sendiri dengan kecepatannya masing-masing. Modul didisain agar dapat digunakan siswa secara mandiri.

Modul menurut Munadi (2008: 99) merupakan bahan ajar yang dapat digunakan oleh siswa untuk belajar secara mandiri dengan bantuan seminimal mungkin dari orang lain. Modul dibuat berdasarkan perencanaan pembelajaran yang utuh, sistematis, dan dirancang untuk dapat digunakan pada kegiatan belajar mandiri.

Majid (2007: 176), mendefinisikan modul sebagai sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar siswa dapat belajar secara mandiri tanpa atau bimbingan guru.

Sementara menurut Santyasa (2009: 8) dalam makalahnya yang berjudul “Metode Penelitian Pengembangan dan Teori Pengembangan Modul”, menyatakan bahwa, modul adalah satuan-satuan pembelajaran yang masing-masing memiliki satu atau beberapa pokok bahasan yang disusun berdasarkan strategi pengorganisasian materi pembelajaran.

Purwanto (2007: 10) menambahkan, Modul ialah bahan belajar yang dirancang secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu dan dikemas dalam bentuk satuan pembelajaran terkecil dan memungkinkan dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu.

Tujuan dibuatnya modul bagi siswa, adalah agar siswa dapat mencapai kompetensi dari suatu materi yang diajarkan dalam suatu kegiatan

pembelajaran. Sementara bagi guru, modul dapat dijadikan pegangan untuk menyampaikan isi materi kepada siswa dalam suatu kegiatan pembelajaran (Purwanto, 2007: 10). Sedangkan ditinjau dari segi fungsinya, modul dapat digunakan sebagai sumber belajar bagi siswa. Dengan modul yang baik, siswa dapat belajar lebih terarah dan sistematis, sesuai dengan taraf kecepatan belajarnya masing-masing.

Berdasarkan uraian teori di atas, penulis menyimpulkan bahwa modul adalah satuan-satuan bahan ajar yang disusun berdasarkan sistem pembelajaran yang utuh, sistematis, dan dapat digunakan untuk kegiatan belajar mandiri.

b. Karakteristik modul

Menurut Dikdasmen (2003: 6-8), karakteristik modul yang ideal adalah:

1) Mendukung pembelajaran mandiri

Untuk memenuhi kriteria pembelajaran mandiri maka program modul harus:

a) Memiliki tujuan yang dirumuskan dengan jelas dan terarah, baik tujuan akhir maupun tujuan antara. Memiliki organisasi materi yang dikemas ke dalam satuan-satuan kecil/spesifik sehingga mempermudah siswa belajar secara tuntas.
b) Memiliki contoh, dan ilustrasi yang mendukung kejelasan pemaparan konsep materi pembelajaran.
c) Memiliki soal-soal latihan, tugas dan lainnya sebagai sarana responsi siswa untuk mengukur tingkat penguasaannya.

d) Isi materi disajikan secara kontekstual, sesuai dengan latar suasana dan lingkungan siswa.

e) Menggunakan bahasa yang sederhana dan komunikatif

f) Memiliki rangkuman materi pembelajaran.

g) Terdapat sarana evaluasi diri/tes evaluasi, yang memungkinkan siswa untuk menguji kemampuan penguasan materi.

h) Memiliki umpan balik atas evaluasi yang telah dilakukan, sehingga siswa dapat mengetahui tingkat penguasaannya.

i) Tersedia infromasi tentang rujukan/referensi yang mendukung materi pembelajaran yang dimaksud.

2) Kandungan yang utuh

Yakni, seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh.

3) Berdiri sendiri

MMF yang digunakan tidak bergantung pada media lain atau tidak harus bergantung bersama-sama dengan media lain.

4) Adaptif

Maksud dari adaptif, berarti sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi yang telah ada. MMF yang adaptif berarti isi materi pembelajaran dan perangkat lunaknya dapat diperbaharui sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi terkini.

5) Mudah penggunaannya

MMF yang baik hendaknya bersifat akrab dengan penggunanya. Artinya modul tersebut dapat digunakan oleh siapapun.

c. Manfaat modul

Ada beberapa manfaat yang menjadi alasan mengapa penggunaan modul masih relevan sampai saat ini. Menurut Hamdani (2013: 130) modul memiliki dua manfaat, yaitu manfaat bagi siswa dan manfaat bagi guru.

Manfaat modul bagi siswa yaitu antara lain (Hamdani, 2013: 130-131):

1) Dapat memberikan kesempatan untuk belajar mandiri
2) Dapat memberikan kesempatan belajar dengan bebas tanpa adanya keterikatan ruang dan waktu yang formal seperti KBM di kelas.
3) Memberikan kesempatan mengekspresikan cara belajar yang sesuai dengan kemampuan dan minat.
4) Memberikan kesempatan untuk menguji kemajuan belajarnya sendiri kapanpun ia siap melakukannya.
5) Memberikan kesempatan untuk dapat berinteraksi dengan langsung dengan lingkungan dan sumber belajar lain sebanyak mungkin.

Nasution (2009: 206-207) menambahkan manfaat lain dari modul yang dapat diperoleh siswa antara lain:

1) Siswa dapat menguasai konten materi secara tuntas
2) Siswa dapat memperoleh umpan balik, sehingga ia mengetahui tingkat pencapaian hasil belajarnya, dan ia pun dapat segera mempelajarinya sesuai dengan waktu luangnya.
3) Siswa dapat mengetahui tujuan belajarnya secara jelas, utuh dan spesifik.
4) Memberikan kesempatan bagi siswa untuk membentuk kelompok belajar menggunakan modul.

5) Memberikan kesempatan bagi siswa untuk melakukan kegiatan remedial secara mandiri.

Bagi guru, manfaat modul yang dapat dirasakan adalah (Hamdani, 2013: 131):

I. Mengurangi ketergantungan terhadap ketersediaan buku teks
II. Memperluas wawasan karena disusun menggunakan referensi
III. Menambah khazanah pengetahuan dan pengalaman dalam menulis bahan ajar
IV. Membangun komunikasi yang efektif antara dirinya dengan siswa karena pembelajaran tidak harus berjalan secara tatap muka.

Selain itu Nasution (2009: 206-207) juga menambakan beberapa manfaat modul bagi guru, beberapa di antaranya yaitu:

i) Memberikan kepuasan kepada guru.
ii) Porsi bantuan individual lebih banyak.
iii) Mencegah kemubaziran.
iv) Meningkatkan profesi keguruan.

d. Komponen dan Penyusunan Modul

Menurut Majid (2007: 174) modul paling tidak harus memiliki kelengkapan seperti: petunjuk belajar (petunjuk siswa/guru), kompetensi yang akan dicapai, informasi pendukung, latihan-latihan, petunjuk kerja (dapat berupa lembar kerja), dan evaluasi.

Purwanto dkk (2007), menuturkan tentang Garis-Garis Besar Isi Modul (GBIM) yang di dalamnya mencakup tentang penjelasan komponen

modul dan penyusunannya. Dalam GBIM, dijelaskan bahwa komponen di dalam modul pembelajaran setidaknya mencakup:

1) Judul atau topik materi pembelajaran,

2) Judul berkaitan dengan topik materi yang akan dikembangkan. Berikut ini beberapa contoh panduan menuliskan judul:

a) Judul hendaknya ditulis singkat semenarik mungkin, menggugah rasa ingin tahu dan mencerminkan keseluruhan materi yang akan dimuat dalam modul yang akan dikembangkan.

b) Boleh ditulis dalam bentuk pernyataan atau pun pertanyaan.

3) Pokok bahasan/sub pokok bahasan.

Pokok bahasan mencakup poin utama yang perlu dimuat ke dalam modul. Poin-poin tersebut didapat dari kegiatan analisis kebutuhan. Dalam satu topik materi, dapat saja mengandung lebih dari satu pokok bahasan. Tidak ada batasan yang baku mengenai aturan banyaknya konten pokok bahasan yang perlu dimuat. Perumusan pokok bahasan ini lebih bersifat tematik dan sesuai kebutuhan.

4) Tujuan pembelajaran umum dan tujuan pembelajaran khusus.

Penulisan atau pemberian tujuan pembelajaran berperan untuk sebagai pengarah kegiatan belajar siswa. Tujuan pembelajaran juga menjadi panduan bagi guru untuk mengidentifikasi pengetahuan, keahlian dan sikap apa saja yang perlu dicapai oleh siswa..

Tujuan pembelajaran terdiri atas dua macam, yaitu: tujuan pembelajaran umum dan tujuan pembelajaran khusus. Tujuan pembelajaran umum berkaitan dengan deskripsi umum berkaitan dengan kompetensi,

pengetahuan, sikap dan keahlian motorik yang diharapkan dapat dicapai siswa (Atwi, 2014: 129).

Sedangkan tujuan instruksional khusus, yang disebut juga sebagai sasaran belajar berkaitan dengan deskripsi harapan pencapaian kompetensi pengetahuan, sikap, dan keahlian dalam lingkup yang spesifik, ditulis dengan kata kerja operasional yang dapat diukur (Atwi, 2014: 213).

5) Pokok-pokok materi pembelajaran.

Pokok-pokok materi berkaitan dengan kumpulan materi utama yang merupakan bagian dari pokok bahasan.

6) Butir-butir penilaian.

Penyusunan butir-butir penilaian, berkaitan dengan penyediaan sarana evaluasi mandiri untuk siswa. Butir-butir penilaian dapat berupa, informasi tentang tugas belajar, pilihan ganda, atau esai, tugas kelompok dan lain sebagainya.

7) Kepustakaan.

Kepustakaan berkaitan dengan sumber-sumber informasi/rujukan yang relevan dengan konten modul yang akan dikembangkan.

4. Konsep Modul Multimedia Fisika.

Modul Multimedia Fisika (MMF) memiliki karakteristik yang sama dengan modul konvensional ditinjau dari segi isi (konten materi), tahapan pelaksanaan penggunaannya dan aspek manfaat modul secara umum. Karateristik yang harus dipenuhi modul multimedia fisika yang akan dikembangkan:

a. Mendukung pembelajaran mandiri

b. Kandungan yang utuh

c. Berdiri sendiri

d. Adaptif

e. Mudah penggunaannya

Kelima karakteristik tersebut di atas adalah karakteristik modul secara umum yang telah dijelaskan sebelumnya. Namun karena didukung berbasis multimedia, modul multimedia fisika memiliki beberapa karakteristik tambahan, antara lain:

f. Memiliki tampilan yang dinamis.

Tampilan yang dinamisakan tampak lebih menarik bagi siswa. Dengan kata lain, MMF memiliki nilai lebih dalam aspek meningkatkan motivasi belajar siswa.

g. Memiliki daya visualisasi yang tinggi.

MMF mampu memberikan penjelasan fakta, konsep, dan fenomena fisika (baik yang konkret maupun abstrak) dengan pendekatan *audio-visual*. Dengan demikian membantu meransang imaginasi siswa secara lebih luas, karena siswa merasa telah menyaksikan sendiri tentang fakta, konsep, dan fenomena fisika yang disajikan tersebut.

h. Mampu menyajikan percobaan *virtual*.

MMF mampu menyajikan percobaan-percobaan maya (yang didasarkan pada percobaan riil, prinsip dan teorinya) secara interaktif. Dengan demikian membantu merangsang daya nalar dan daya kritis siswa dalam memahami konsep secara lebih baik. Sehingga diharapkan dapat mendukung pembelajaran inkuiri, guna meningkatkan kemampuan berpikir analitis dan kritis siswa.

C. Konsep Kemampuan Analisis

1. Definisi kemampuan analisis

Bloom (1956: 144) mengungkapkan tentang analisis, yaitu: "*Analisis emphasizes the breakdown of the material into its constituent parts and detection of the relationships of the parts and of the way they are organized".* Yaitu, analisis menekankan pada kegiatan memerinci suatu materi/konsep ke dalam unsur-unsur pembentuknya dan mendeteksi dari hubungan dari tiap bagian-bagian dan cara bagaimana tiap-tiap unsur tersebut tersusun. Kemampuan analisis menurut Bloom tersebut berarti, kemampuan untuk memerinci suatu materi/konsep ke dalam unsur-unsur pembentuknya dan mendeteksi dari hubungan dari tiap bagian-bagian dan cara bagaimana tiap-tiap unsur tersebut tersusun.

Krathwohl (2010: 215) mengungkapkan konsep analisis yang menurutnya, "*Breaking material in to its constituent parts and detecting how the parts relate to one another and to an overall structure or purpose*". Artinya, memerinci suatu materi/konsep ke dalam unsur-unsur bagiannya, mengkaitkannya satu sama lain dan pada keseluruhan struktur atau tujuan. Dari pernyataannya, Krathwohl menambahkan aspek tujuan tentang hubungan atau keterkaitan tiap-tiap unsur-unsur bagian suatu objek materi atau konsep.

Menurut Sudjana (2008: 27) kemampuan analisis adalah kemampuan untuk memilah suatu kesatuan menjadi unsur-unsur atau bagian-bagian sehingga jelas hierarkinya dan atau susunanya. Analisis merupakan kecepakapan yang kompleks, yang dapat memadukan tiga kemampuan kognitif yang berada di bawahnya, yaitu kemampuan: pengetahuan, pemahaman dan aplikasi. Artinya, seseorang yang memiliki kemampuan analisis yang baik, berarti

juga telah memiliki kemampuan yang baik dari segi: pengetahuan, pemahaman dan aplikasi.

Daryanto (2012:110) berpendapat, pada tingkatan kemampuan analisis ini seseorang dituntut untuk dapat menguraikan suatu situasi atau keadaan tertentu ke dalam unsur-unsur atau komponen-komponen pembentuknya. Dengan cara ini, situasi atau keadaan tersebut menjadi lebih jelas, berkaitan hubungan atau keterkaitan tiap-tiap unsur dalam suatu kesatuan tersebut.

Suparman (2014: 149) mendefinisikan kemampuan analisis sebagai cakupan perilaku menjabarkan atau menguraikan (*break down*) konsep menjadi bagian yang lebih rinci dan menjelaskan keterkaitan atau hubungan antar bagian tersebut. Menurut Suparman, kemampuan analisis ini sangat dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan dan pemahaman siswa tentang objek konsep yang akan dianalisisnya itu. Selain itu, kemampuan memilah-milah, memerinci dan mengkaitkan hasil rinciannya turut mempengaruhi kualitas hasil berpikir analisisnya. Kegiatan menganalisis melibatkan proses berpikir mendalam dan intensif.

Dalam konteks pembelajaran, siswa seringkali dihadapkan pada suatu aktifitas yang menuntut kemampuan analisis. Misalnya, ketika diberikan soal-soal pernyataan atau cerita, membaca tulisan penjelasan konseptual tentang suatu gejala fisika yang berkaitan dengan hubungan antar variabel besaran, atau pun saat menyimak argumen dari guru atau pun sesama teman dalam kegiatan diskusi., semua itu membutuhkan kemampuan berpikir analisis.

Bassham dkk (2011: 164) mengungkapkan, "*To analyze an argument means to break it down into its various parts to see clearly what conclusion is defended and on what grounds"*. Artinya untuk menganalisis suatu argumen atau

pernyataan berarti memerinci argumen/pernyataan tersebut ke dalam berbagai unsur atau bagian untuk dapat dilihat atau dipelajari secara jelas tentang ide/kesimpulan (pernyataan) yang dipertahankan dan atas dasar-dasar (teori/konsep) apa saja.

Berdasarkan uraian tentang kemampuan analisis di atas, penulis mendefinisikan kemampuan analisis sebagai, *kemampuan memerinci suatu objek (dapat berupa materi, konsep, pernyataan, argumen) ke dalam bagian-bagian unsur pembentuknya, lalu kemudian menemukan hubungan keterkaitannya satu sama lain atau tentang cara objek tersebut tersusun atau tujuan dari adanya kesatuan objek tersebut*.

2. Klasifikasi kemampuan analisis

Bloom (1956:146) membagi kemampuan analisis ke dalam tiga kelompok, yaitu:

a. Kemampuan analisis unsur

Kemampuan ini mencakup kemampuan merumuskan asumsi-asumsi dan mengidentifikasi unsur-unsur penting dan dapat membedakan antara fakta dan nilai. Kata kerja operasional yang dapat digunakan dalam merumuskan tujuan instruksional dalam kemampuan ini antara lain: membedakan, menemukan, mengenal, membuktikan, mengklasifikasikan, mengakui, mengkategorikan, menarik kesimpulan, menyebarkan, merinci dan menguraikan.

Contoh tentang deskripsi kemampuan analisis unsur ini,yaitu:

1) Kemampuan untuk mengenal asumsi yang tidak dinyatakan dalam argumen.

2) Kemampuan untuk membedakan fakta dari hipotesis.

3) Kemampuan untuk menemukan dengan jelas tentang fakta yang terdapat dalam suatu pernyataan.

4) Kemampuan untuk menemukan kesimpulan dari suatu pernyataan.

b. Kemampuan analisis hubungan

Kemampuan ini mencakup kemampuan mengenal unsur-unsur dan pola hubungannya. Kata kerja operasional yang dapat dipakai untuk menuliskan tujuan instruksional pada kemampuan ini antara lain: menanalisis, membandingkan, membedakan dan menarik kesimpulan.

Bloom (1956: 146) memberikan contoh tentang deskripsi kemampuan analisis hubungan ini, yaitu:

5) Kemampuan untuk memahami hubungan antar ide dalam suatu wacana.

6) Kemampuan untuk mengenal fakta-fakta/ide-ide yang mendukung suatu pendapat.

7) Kemampuan untuk memeriksa konsistensi suatu hipotesis dari informasi dan asumsi yang diberikan.

8) Kemampuan untuk membedakan hubungan sebab akibat dari serangkaian antara hubungan yang lain.

9) Kemampuan untuk menganalisis hubungan relasi dari suatu pernyataan dan dapat menemukan suatu konsep ideal dari suatu pernyataan yang tidak relevan.

10) Kemampuan untuk menemukan kesalahan logika dalam suatu argumen.

11) Kemampuan untuk menemukan sebab penting atau tidak pentingnya suatu perincian dalam suatu dokumen.

c. Kemampuan analisis prinsip-prinsip yang terorganisasi

Jenis kemampuan ini mencakup kemampuan menganalisis pokok-pokok yang melandasi tatanan suatu organisasi/struktur sistem atau objek. Kata kerja operasional yang dapat digunakan antara lain: menganalisis, membedakan, menemukan, dan menarik kesimpulan.

Bloom (1956: 146) memberikan contoh tentang deskripsi kemampuan analisis prinsip-prinsip yang terorganisasi ini, yaitu:

1) Kemampuan untuk menganalisis fungsi kerja dari tiap-tiap element dan relasi kerja antara tiap-tiap element dan hubungannya dengan satu kesatuan organisasi/konsep.

2) Kemampuan untuk menemukan bentuk dan pola kerja tiap-tiap elemen.

3) Kemampuan untuk menduga tujuan suatu pernyataan, sudut pandang, dan karakter gagasan yang nampak pada pernyataan tersebut.

4) Kemampuan untuk menemukan konsep dari suatu pernyataan.

5) Kemampuan untuk melihat teknik yang digunakan dalam meteri persuasif seperti dalam usaha periklanan, dan propaganda.

6) Kemampuan untuk menemukan sudut pandang atau bias dari seorang penulis berdasarkan rekam jejak karya tulisnya.

Enam klasifikasi kemampuan analisis tersebut menurut terjemahan Ngalim (2010: 51-52) adalah sebagai berikut:

1) Dapat mengklasifikasi kata-kata, frase-frase, atau pernyataan-pernyataan dengan menggunakan kriteria analitik tertentu.

2) Dapat meramalkan sifat-sifat khusus tertentu yang tidak disebutkan secara jelas.

3) Dapat meramalkan kualitas, asumsi atau kondisi yang implisit atau yang perlu ada berdasarkan kriteria dan hubungan materinya.

4) Dapat mengetengahkan pola atau tata susunan materi dengan menggunakan kriteria seperti relevansi, sebab-akibat, dan kerunutan atau sekuensi.

5) Dapat mengenal oganisasi prinsip-prinsip atau organisasi pola-pola dari materi yang dihadapinya.

6) Dapat meramalkan sudut pandangan, kerangka acuan, dan tujuan dari materi yang dihadapinya.

Adapun, tujuan instruksional pada tahapan kemampuan kognitif analisis ini pada dasarnya adalah agar siswa memiliki kemampuan dalam menjabarkan konsep menjadi bagian-bagian atau menjelaskan gagasan yang menyeluruh, tentang suatu objek yang berupa konsep atau prinsip (Suparman, 2014: 147).

Untuk mencapai tujuan instruksional perlu dilakukan evaluasi. Evaluasi belajar yang baik harus benar-benar menilai tentang apa yang mesti dinilai. Oleh karenanya instrumen yang digunakan harus benar-benar mengukur tingkat kemampuan analisis siswa. Instrumen tersebut dapat berupa soal tes yang dapat berupa, pilihan ganda, esai, dan lain sebagainya yang relevan untuk mengukur kemampuan analisis siswa.

Khusus pada soal bentuk pilihan ganda, Ngalim (2010) mengklasifikasikan soal pilihan ganda, yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan analisis siswa, yaitu sebagai berikut:

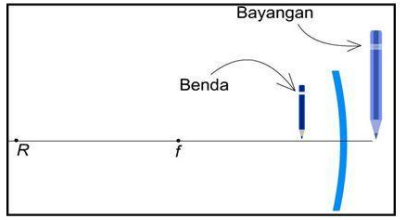
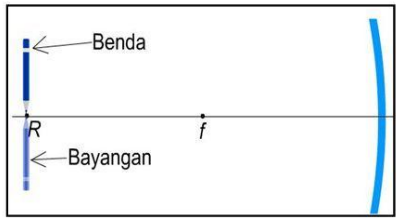
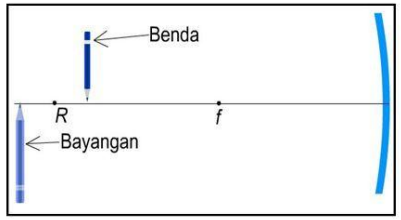
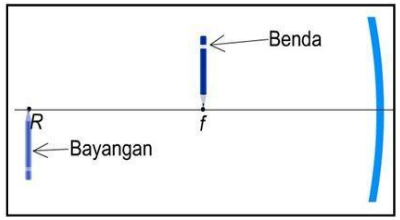
Tabel. 2.2. Klasifikasi soal berbentuk pilihan ganda.

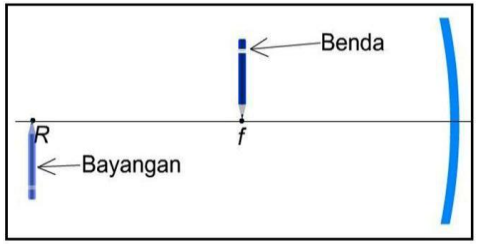
No.	Klasifikasi soal	Keterangan	Ranah Kognitif	Contoh soal
1	Melengkapi Pilihan	Soal ini berisi pernyataan belum lengkap diikuti oleh empat atau lima kemungkinan jawaban yang dapat melengkapi pernyataan tersebut. Responden atau *testee* diminta untuk memilih salah satu dari kelima kemungkinan jawaban yang tersedia.	Pengetahuan (C1)	1. Berikut ini Contoh dari pemantulan teratur adalah .... ***A. Seseorang yang sedang bercermin*** B. Sekitar Jalan yang disorot cahaya lampu. C. Sekitar kamar yang terpapar sinar matahari. D. Kertas yang disorot lampu senter. E. Dasar kolam yang terlihat saat disorot cahaya lampu senter
		Bentuk variasi lain, yaitu (1) variable bentuk “tidak” dan (2) variasi bentuk “kecuali”. Kedua bentuk ini memerlukan kemampuan diskriminatif *testee*.	Pemahaman (C2)	1.1. Diketahui, suatu benda (tegak) diletakkan di suatu posisi di depan cermin cekung. Maka berikut ini adalah sifat-sifat bayangan yang mungkin terjadi, kecuali: A. Nyata, tegak, diperbesar B. Nyata, terbalik, diperbesar C. Maya, tegak, diperbesar D. Nyata, terbalik, diperkecil

No.	Klasifikasi soal	Keterangan	Ranah Kognitif	Contoh soal
				E. Maya, tegak, diperkecil.
2	Hubungan antar hal	Soal berisi suatu pernyataan yang diikuti oleh satu kalimat alasan. Berikut petunjuk penentuan jawabannya. A. Jika pernyataan betul, alasan betul dan keduanya menunjukkan hubungan sebab-akibat: B. Jika pernyataan betul dan alasan betul, tetapi keduanya tidak menunjukkan sebab-akibat; C. Jika pernyataan betul dan alasan salah; D. Jika pernyataan alasan dan alasan betul:	Pemahaman (C2)	2. Sudut kritis tidak akan pernah terjadi jika cahaya datang dari udara menuju air. **SEBAB** Sudut kritis hanya akan terjadi jika sudut bias lebih besar dari sudut datang.

No.	Klasifikasi soal	Keterangan	Ranah Kognitif	Contoh soal
		E. Jika baik pernyataan maupun alasan kedua-duanya salah.		
3	Melengkapi berganda/asosiasi pilihan ganda	Bentuk soal ini hampir sama dengan bentuk soal “melengkapi pilihan”, yaitu satu pernyataan yang tidak lengkap yang diikuti dengan beberapa kemungkinan. Perbedaanya ialah, pada bentuk “melengkapi berganda” ini kemungkinan yang benar satu, dua, tiga atau empat. Berikut petunjuk penentuan jawabannya. (A) Jika (1), (2), dan (3) betul (B) Jika (1) dan (3) betul (C) Jika (2), dan (4) betul (D) Jika hanya (4) yang benar; (E) Jika semuanya betul	Aplikasi (C3)	3. Suatu preparat yang berisi objek diletakkan 2,2 cm di depan lensa objektif mikroskop yang jarak fokusnya 2 cm. Jika jarak fokus lensa okuler adalah 5 cm, dan pengamat (bermata normal) ingin mendapatkan perbesaran maksimum, maka pernyataan yang benar adalah: (1) Perbesaran yang dihasilkan 60 kali (2) Bayangan akhir bersifat maya, tegak, diperbesar terhadap objek. (3) Panjang mikroskop $26\frac{1}{6}$ cm (4) Jarak bayangan lensa objektif terhadap lensa okuler adalah $6\frac{1}{6}$ cm.

No.	Klasifikasi soal	Keterangan	Ranah Kognitif	Contoh soal
4	Analisis kasus	Soal analisis ini kasus ini berupa cerita atau uraian tentang simulasi keadaan nyata; jadi,kejadian, situasi, proses dan hasil percobaan ataupun penelitian yang ada hubungannya dengan bidang studi atau mata pelajaran yang akan diujikan. Untuk soal-soal berikut ini disediakan suatu teks yang harus dipahami secara cermat. Kemudian menyusul soal-soal yang memasalahkan hal-hal yang berhubungan dengan	Analisis (C4)	4. Sebuah bola karet diletakkan 22 m di atas muka cermin cekung yang jarak titik apinya 1 m. Jika bola dilepaskan, dan gesekan udara diabaikan, tentukan waktu yang diperlukan bola untuk bertemu dengan bayangannya. (anggap percepatan gravitasi = 10 $m.s^{-2}$) A. 1 s B. 2 s C. 3 s D. 4 s E. 5 s

No.	Klasifikasi soal	Keterangan	Ranah Kognitif	Contoh soal
		isi teks. Pilih satu jawaban yang paling tepat pada soal-soal yang mengiringi teks		
5	Analisis diagram	Soal bentuk ini mempermasalahkan gambar, diagram, grafik dan sejenisnya. Yang ditanyakan adalah kelainan, keadaan, atau gejala yang terungkap di dalamnya. Permasalahannya diajukan dengan suatu gambar, diagram, atau grafik yang bersangkutan. Bentuk soalnya sama dengan bentuk melengkapi lima pilihan.	Analisis (C4)	 (I)  (II)  (III)  (IV)

No.	Klasifikasi soal	Keterangan	Ranah Kognitif	Contoh soal
				 (V) Dua gambar dari pembentukan bayangan cermin cekung di atas yang tidak benar adalah: (A) (I) dan (II) (B) (II) dan (III) (C) (III) dan (IV) (D) (IV) dan (V) (E) (V) dan (I)

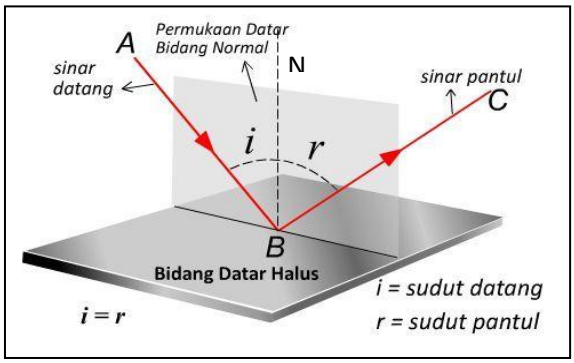
D. Optika Geometri

Optika Geometri berkaitan dengan topik yang mempelajari perilaku cahaya yang berinteraksi dengan materi melalui pendekatan garis lurus dan trigonometri (fhsst, 2008). Sub topik utama yang dipelajari dalam Optika Geometri yaitu mencakup hukum pemantulan dan pembiasan cahaya serta penerapannya pada peristiwa pembentukan bayangan oleh cermin dan lensa (Tipler, 2001: 2). Pada ulasan berikutnya hanya akan diulas tentang deskrispsi singkat sub topik pemantulan dan pembiasan cahaya.

1. Pemantulan Cahaya.

Peristiwa pemantulan cahaya adalah pembelokan arah rambat cahaya ketika cahaya mengenai suatu permukaan bidang. Pembelokkan cahaya lampu senter oleh permukaan cermin, dan terbentuknya bayangan seseorang ketika bercermin adalah contoh dari pemantulan cahaya.

Hk. Pemantulan cahaya



Gambar 2.2. Pemantulan suatu sinar pada suatu bidang datang halus.

Tinjau Gambar 2.2 di atas. Suatu sinar datang melalui A mengenai titik B dibidang datar lalu dipantulkan melalui C. Sinar AB disebut sebagai sinar

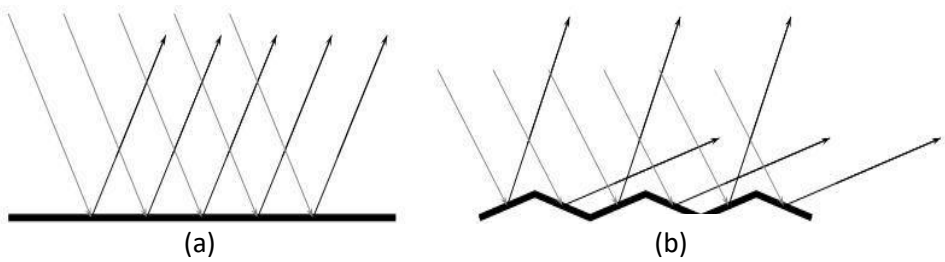
datang sedangkan sinar BC disebut sebagai sinar pantul. Sudut datang (*i*) adalah sudut antara sinar datang terhadap normal bidang, Sudut pantul (*r*) adalah sudut antara sinar pantul terhadap normal bidang. Pada peristiwa pemantulan cahaya berlaku Hukum Pemantulan Cahaya, yaitu;

- Sinar datang, sinar pantul dan garis normal berpotongan pada satu titik dan terletak pada satu bidang datar.
- Sudut datang (i) sama dengan sudut pantul (r), atau:

$$i = r \qquad \text{.... (2.1)}$$

Pemantulan Baur dan Teratur

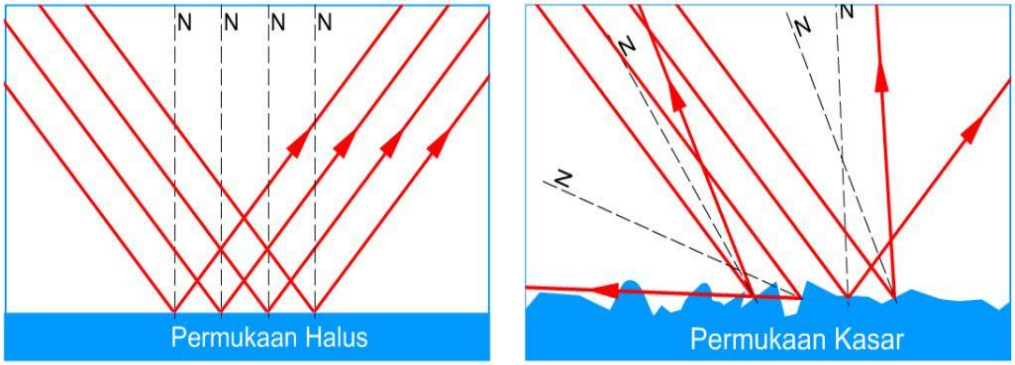
Suatu berkas sinar sejajar datang mengenai permukaan halus akan dipantulkan dengan arah pantul yang sama sehingga dihasilkan berkas sinar pantul sejajar (lihat Gambar 2.3 a). Pemantulan cahaya jenis ini disebut juga sebagai pemantulan sejajar. Namun, jika berkas sinar sejajar mengenai permukaan kasar atau bergelombang, maka sinar dipantulkan dalam arah sembarang cenderung acak (lihat Gambar 2.3 b.), pemantulan cahaya jenis ini disebut juga sebagai pemantulan baur (Serway, 2004: 1099).



Gambar 2.3. (a) Berkas sinar sejajar dipantulkan sejajar/teratur, (b) berkas sinar sejajar dipantulkan acak/baur.

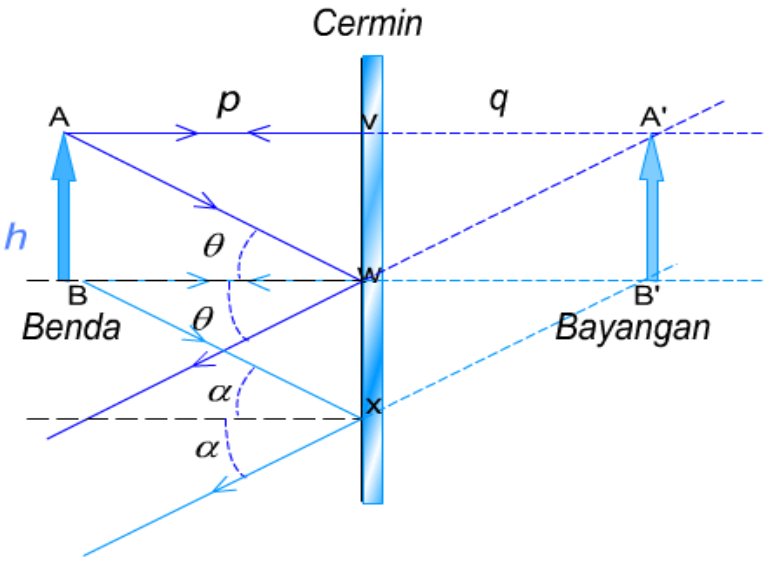
Pemantulan cahaya teratur terjadi dikarenakan tekstur permukaan halus yang datar mengakibatkan garis-garis nomal pada titik-titik dikenai sinar-

sinar sejajar. Karena sinar saling sejajar, maka sudut datang sinar pun sama besar dan sudut sinar pantulnya sehingga sinar pantulnya saling sejajar. Pemantulan baur terjadi dikarenakan tekstur permukaan kasar tidak datar, mengakibatkan garis-garis normal pada titik-titik tangkap sinar tidak saling sejajar. Karena garis normal tidak saling sejajar, maka sudut datang dan sudut pantul sinar tidak sama, sehingga sinar-sinar dipantulkan dalam arah yang tak sama/sebarang.



Gambar 2.4. (a) Garis-garis normal (N) di permukaan halus saling sejajar , (b) Garis-garis normal (N) di permukaan halus tidak saling sejajar

Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar



Gambar 2.5. Sketsa pembentukan bayangan pada cermin datar.

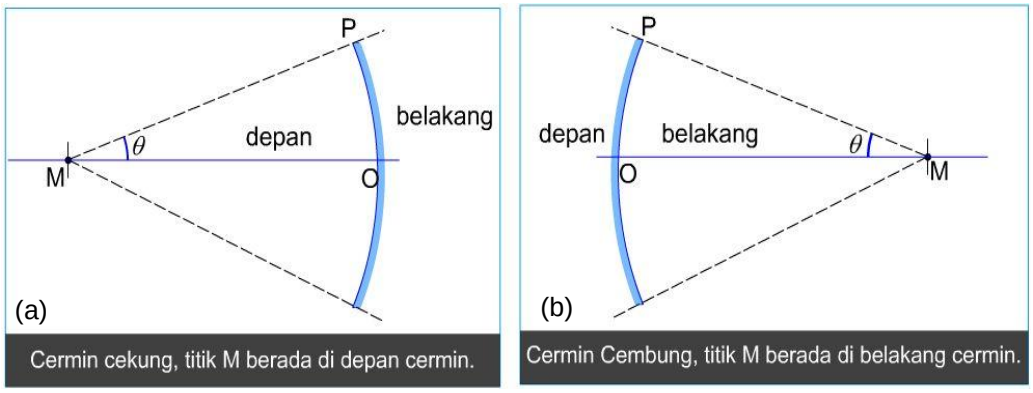
Terbentuknya bayangan seseorang ketika ia di depan cermin datar adalah salah satu contoh peristiwa pemantulan cahaya. Gambar 2.5 memperlihatkan sketsa pembentukan bayangan A'B' dari benda AB yang terbentuk oleh cermin datar vwx.

Berdasarkan Gambar 2.5 di atas, karakteristik bayangan yang terbentuk oleh permukaan cermin datar adalah:

- ukuran panjangnya sama dengan ukuran panjang benda
- jaraknya terhadap cermin (*q*) sama dengan jarak benda terhadap cermin (*p*).
- bersifat maya, karena terbentuk dari garis khayal terusan sinar-sinar pantul benda.

Pemantulan Cahaya pada Cermin Lengkung Sferis

Cermin Lengkung Bola adalah cermin yang bagian permukaan mengilapnya melengkung-seperti permukaan bola/sferis. Tinjau dua cermin lengkung permukaan sferis tampak samping pada Gambar 2.6 berikut.

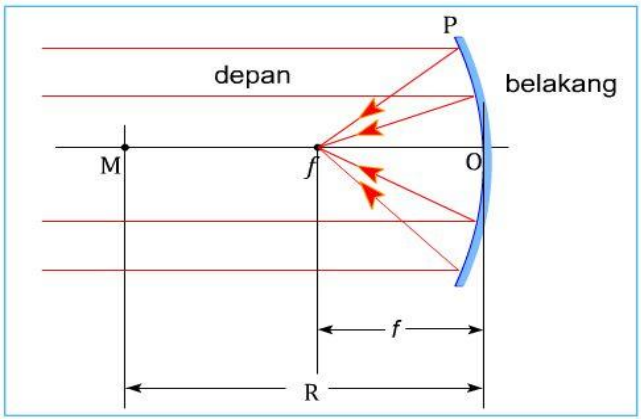


Gambar 2.6. Cermin lengkung (cekung/cembung) sferis tampak samping.

Jika bagian mengkilap (cermin) ada di sisi dalam, maka cermin tersebut dinamakan cermin cekung (Gambar 2.6 a). Jika bagian mengkilap

(cermin) ada di sisi luar, maka cermin tersebut dinamakan cermin cembung (Gambar 2.6 b.). Garis yang yang melalui OM disebut juga sumbu utama cermin, titik M adalah titik pusat kelengkungan cermin, O adalah titik pusat sumbu cermin, P adalah titik ujung-ujung cermin, dan ∠PMO adalah sudut buka cermin. Hukum pemantulan cahaya juga berlaku pada cermin lengkung. Bayangan yang terbentuk pun bervariasi karakteristik sifat dan ukurannya bergantung pada jarak benda terhadap pusat sumbu cermin.

Titik Fokus



Gambar 2.7. Berkas sinar sejajar menuju cermin dipantulkan dan melalui suatu titik kumpul/fokus *f*.

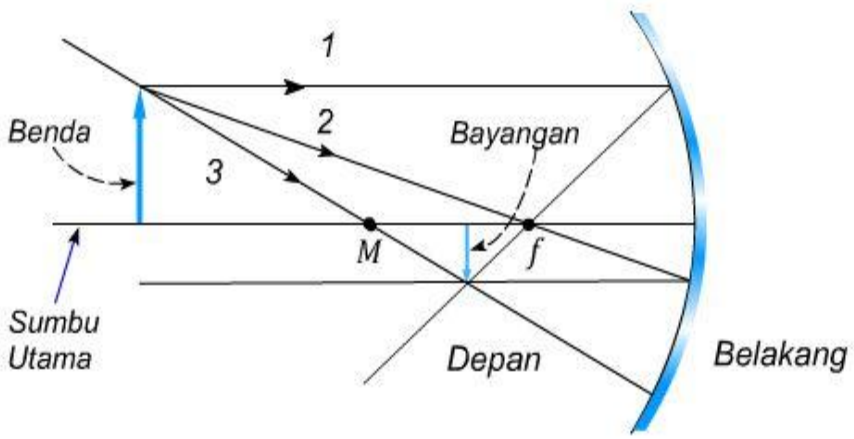
Berkas sinar sejajar yang menuju cermin lengkung akan dipantulkan melalui suatu titik (lihat Gambar 2.7). Titik ini disebut juga sebagai titik fokus. Letak titik fokus persis terletak di tengah antara titik pusat kelengkungan cermin dengan titik pusat sumbu cermin. Pengetahuan tentang titik fokus penting untuk membantu melukis pembentukan bayangan oleh cermin lengkung, menggunakan sinar-sinar istimewa.

Jarak titik fokus (f) terletak di tengah-tengah antara titik pusat kelengkungan dan titik pusat sumbu cermin, jaraknya terhadap titik pusat cermin sama dengan setengah dari jari-jari kelengkungan cermin, atau secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$f = \frac{R}{2} \qquad \text{.... (2.2)}$$

Sama halnya dengan cermin datar, bayangan suatu objek juga terbentuk oleh cermin lengkung. Dengan membatasi pada sudut buka kecil $\leq 10^o$ dan hanya pada sinar-sinar paraksial, yaitu sinar-sinar yang dekat sumbu utama, pada cermin lengkung berlaku beberapa sinar-sinar istimewa. Setidaknya dengan dua sinar istimewa dapat digunakan untuk melukis dan menentukan sifat-sifat bayangan yang terbentuk. Berikut adalah diagram sinar-sinar istimewa pada cermin cekung dan cermin cembung:

Sinar-sinar istimewa untuk pemantulan cahaya pada cermin cekung.

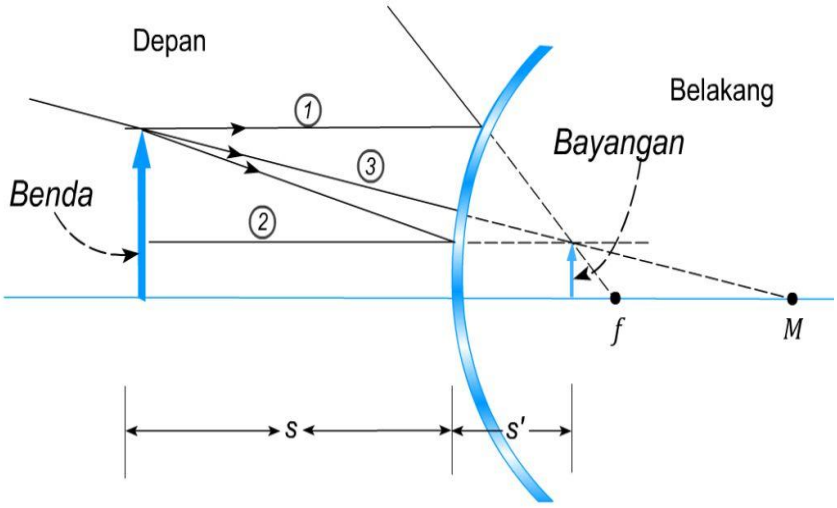


Gambar 2.8. Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung

Penjelasan sinar:

1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin, dipantulkan melalui titik fokus (f).
2. Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin, dipantulkan kembali sejajar dan menghimpit sinar datang dengan arah yang berlawanan.
3. Sinar datang melalui titik fokus cermin (f) dipantulkan sejajar sumbu utama cernin.

Sinar-sinar istimewa untuk pemantulan cahaya pada cermin cembung.



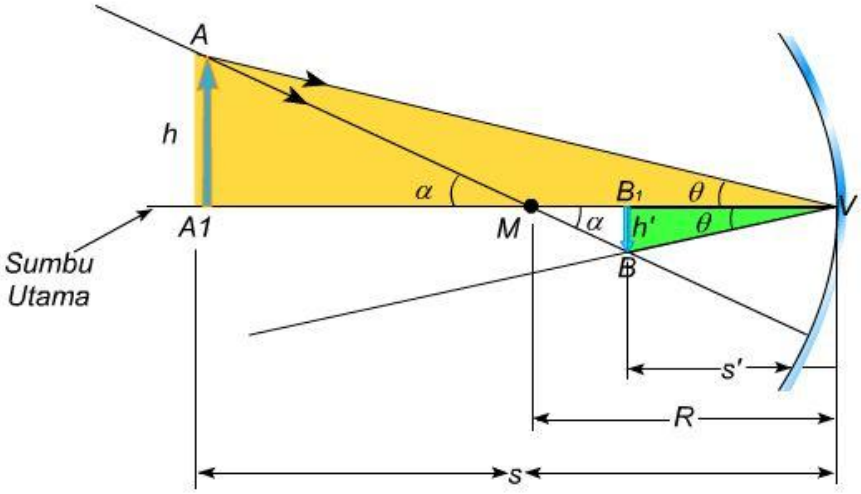
Gambar 2.9. Sinar-sinar istimewa pada cermin cembung

Penjelasan sinar:

1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin, dipantulkan seolah-olah melalui titik fokus (f).
2. Sinar datang menuju titik pusat kelengkungan cermin, dipantulkan kembali sejajar dan menghimpit sinar datang dengan arah yang berlawanan.
3. Sinar datang menuju titik fokus cermin (f) dipantulkan sejajar sumbu utama cermin.

Persamaan Umum Cermin Lengkung

Suatu objek yang panjangnya h dan berjarak s di depan cermin lengkung dengan jari-jari kelengkungan R.



Gambar 2.10. Diagram pembentukan bayangan pada cermin lengkung

Perbesaran bayangan secara sederhana adalah perbandingan dari tinggi bayangan h' terhadap tinggi benda h, atau:

$$M = \frac{h'}{h} \qquad \text{.... (2.3)}$$

Dari Gambar 2.10 tersebut, perhatikan segitiga siku-siku VA_1A dan VB_1B. Nilai tan θ, dari masing-masing segitiga tersebut, berturut-turut adalah:

$$\tan\theta = \frac{AA_1}{VA_1} = \frac{h}{s} \qquad \text{.... (2.4)}$$

$$\tan\theta = \frac{BB_1}{VB_1} = \frac{-h'}{s'} \qquad \text{.... (2.5)}$$

BB_1 = -h' bertanda negatif karena bayangan terbalik.

Ruas kiri persamaan (2.4) sama dengan ruas kiri persamaan (2.5), sehingga:

$$\frac{-h'}{s'} = \frac{h}{s} \; ; \; \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s}$$

Jadi rumus untuk perbesaran linear cermin lengkung adalah:

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \qquad \text{.... (2.6)}$$

Perhatikan dua segitiga yang memilki sudut α: segitiga MA_1A dan segitiga MB_1B. Nilai tan dari dua segitiga tersebut adalah :

$$\tan\alpha = \frac{h}{s-R} \qquad \text{.... (2.7)}$$

$$\tan\alpha = \frac{-h'}{R-s'} \qquad \text{.... (2.8)}$$

Dari persamaan (2.7) dan (2.8) tersebut ditemukan bahwa,

$$\frac{-h'}{R-s'} = \frac{h}{s-R}$$

$$\frac{h'}{h} = -\frac{R-s'}{s-R} \qquad \text{.... (2.9)}$$

Subtitusi nilai ruas kiri persamaan (2.9) dengan nilai ruas kanan persamaan (2.6), sehingga menjadi:

$$\frac{s'}{s} = \frac{R-s'}{s-R} \qquad \text{.... (2.10)}$$

Dengan sedikit operasi aljabar, maka persamaan (2.10) tersebut dapat dituliskan menjadi:

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad \text{.... (2.11)}$$

Karena R = 2f, persamaan (2.11) di atas dapat juga ditulis menjadi:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad \text{.... (2.12)}$$

Persamaan (2.12) disebut juga dengan persamaan umum pemantulan cahaya pada cermin lengkung. Persamaan tersebut berlaku untuk cermin cekung dan cermin cembung.

Bayangan yang dihasilkan pada cermin lengkung dapat bersifat nyata ataupun maya, dan tegak maupun terbalik, oleh karena itu untuk menentukan sifat bayangan secara tepat, dibuatlah perjanjian tanda yang berlaku untuk persamaan (2.11) dan persamaan (2.12). yaitu lihat tabel perjanjian tanda.

Tabel 2.3. Perjanjian tanda untuk rumus umum cermin lengkung dan tinggi bayangan.

Besaran	Tanda	Keterangan
s	+	Untuk benda di depan cermin (benda nyata)
s	-	Untuk benda di belakang cermin (benda maya)
s'	+	Untuk bayangan di depan cermin (bayangan nyata)
s'	-	Untuk bayangan di belakang cermin (bayangan maya)
f dan R	+	Untuk cermin cekung
f dan R	-	Untuk cermin cembung
h'	+	Untuk bayangan tegak
h'	-	Untuk bayangan terbalik

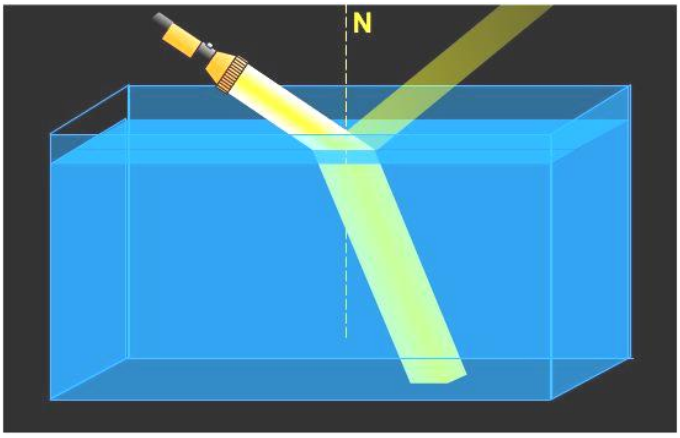
Tabel 2.4. Perjanjian tanda untuk perbesaran bayangan (M) cermin lengkung.

Nilai M	Tanda	Sifat bayangan
M	+	Maya, tegak
M	-	Nyata, terbalik
Nilai Mutlak M	**Perbandingan**	**Sifat bayangan**
$[M]$	< 1	Diperkecil

	= 0	Sama besar
	> 1	Diperbesar

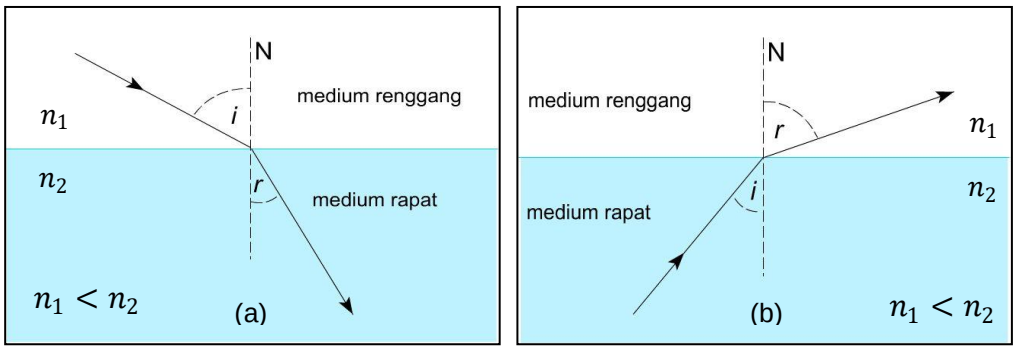
2. Pembiasan Cahaya

Suatu sinar dari udara yang diarahkan pada permukaan air dengan sudut datang i, akan mengalami kondisi seperti Gambar 2.11, sebagian sinar dengan intensitas kecil dipantulkan, sebagian dengan intensitas yang jauh lebih besar akan membias: masuk ke dalam medium dengan pembelokkan arah rambat berubah.



Gambar 2.11. Suatu sinar dengan sudut datang tertentu mengalami pemantulan dengan intensitas rendah, sebagian besar membias ke dalam medium.

Pembiasan adalah peristiwa membeloknya cahaya karena perbedaan kelajuan ketika cahaya memasuki medium yang berbeda kerapatannya (fhsst, 2008: 137). Berikut adalah sketsa pelukisan fenomena pembiasan dari sinar yang merambat dari medium renggang ke medium rapat atau sebaliknya.



Gambar 2.12. (a) Sinar datang dari medium renggang ke medium rapat, (b) sinar merambat dari medium rapat ke medium renggang.

Berdasarkan hasil pengamatan, jika sinar merambat dari medium renggang ke medium rapat maka sinar akan dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya jika sinar merambat dari medium rapat ke medium renggang maka sinar akan dibiaskan menjauhi garis normal.

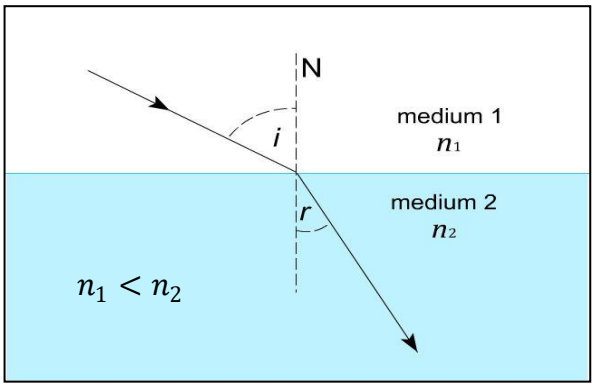
Hasil pengukuran perbandingan antara sudut datang i dengan sudut bias r pada berbagai sudut menunjukkan hubungan yang tetap/konstan, atau secara matematis dinyatakan dengan:

$$\frac{sin\ i}{sin\ r} = tetapan\ ,$$ atau ditulis:

$$\boxed{n = \frac{sin\ i}{sin\ r}} \qquad .... (2.13)$$

Tetapan n ini merupakan sifat khas medium. Disebut juga *indeks bias mutlak* medium. Indeks bias mutlak n adalah indeks bias medium untuk sinar yang datang dari ruang *vakum* (atau udara) ke suatu medium (air, gliserin, kaca dan lain-lain). Persamaan (2.13) disebut ***persamaan snellius***, karena dipopulerkan oleh Willeboard Snellius.

Persamaan Umum Pembiasan



Gambar 2.13: Suatu sinar merambat dari medium 1 (indeks bias n_1) ke medium 2 (indeks bias n_2).

Persamaan umum Hk. Snellius tentang pembiasan suatu sinar yang merambat dari suatu medium berindeks bias n_1 ke medium lain berindeks bias n_1 dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$n_1 sin\ \theta_1 = n_2 sin\ \theta_2 \qquad \text{..... (2.14)}$$

dengan:

n_1 = indeks bias mutlak medium sinar datang

θ_1 = sudut datang

n_2 = indeks bias mutlak medium sinar bias

θ_2 = sudut bias

Indeks Bias Relatif

Perbandingan antara dua indeks bias mutlak medium disebut juga Indeks bias relatif. Dari persamaan (2.14) indeks bias relatif medium 1 terhadap medium 2 (n_{12}) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$n_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{sin\ \theta_2}{sin\ \theta_1} \qquad ..... (2.15)$$

Di mana $n_{12} =$ adalah indeks bias relatif medium 1 terhadap medium 2.

Hubungan Cepat Rambat dengan Indeks Bias Medium

Bagaimanakah pengaruh kerapatan optik terhadap nilai kelajuan cahaya di antara dua medium?. Cahaya yang merambat di medium yang lebih rapat lajunya lebih kecil dibandingkan dengan laju cahaya ketika merambat di medium yang lebih renggang. Fenomena pembiasan sebenarnya terjadi karena adanya perbedaan laju cahaya ketika merambat di antara dua medium yang berbeda kerapatannya. Perbandingan laju cahaya yang merambat antara dua medium merupakan perbandingan terbalik indeks bias medium tersebut, atau secara matematis, dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Atau

$$v_1 n_1 = v_2 n_2 \qquad .....(2.16)$$

Kelajuan terbesar (c = 3 × 10^8 m.s^{-1}) terjadi ketika cahaya merambat di ruang vakum/udara. Ketika memasuki medium lain yang lebih rapat dari udara kelajuannya menjadi lebih kecil ($v < c$). Dengan menjadikan medium vakum/udara sebagai acuan, yaitu indeks biasnya dianggap 1 (n_u = 1) maka dengan demikian, indeks bias mutlak suatu medium adalah nilai perbandingan antara cepat rambat cahaya di udara terhadap cepat rambat cahaya di dalam medium (Serway, 2004: 1104):

$$\frac{n_m}{n_u} = \frac{v_u}{v_m} \qquad \frac{n}{1} = \frac{c}{v}$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{cepat\ \ rambat\ \ cahaya\ \ di\ ruang\ \ udara}{cepat\ \ rambat\ \ cahaya\ \ dalam\ \ medium} \qquad .....(2.17)$$

Berdasarkan persamaan (2.17) dapat definisikan bahwa indeks bias mutlak suatu medium sebagai hasil bagi cepat rambat cahaya di udara dengan cepat rambat cahaya di dalam medium.

Hubungan Panjang Gelombang Cahaya dengan Indeks Bias.

Dengan tinjauan cahaya sebagai gelombang, hubungan cepat rambat cahaya (v) berkaitan dengan frekuensi (f) dan panjang gelombangnya (λ), dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$v = \lambda . f \qquad .....(2.18)$$

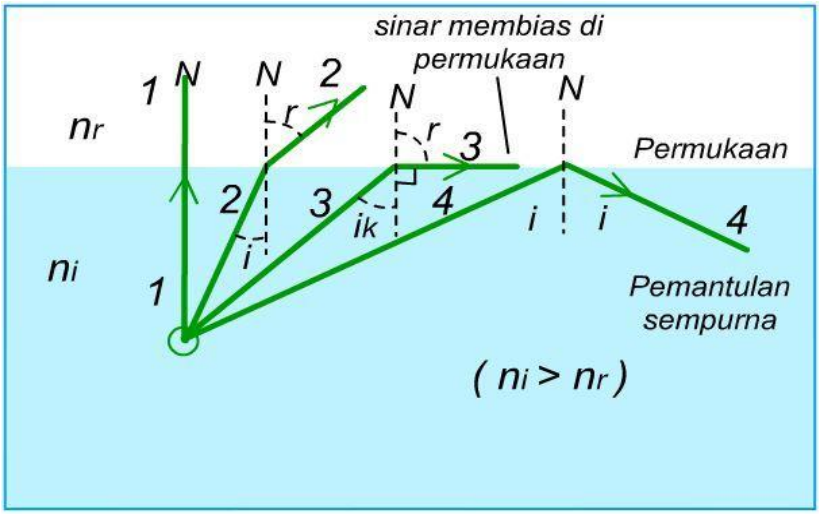
Ketika cahaya memasuki dua medium yang berbeda, frekuensi cahaya tidak berubah, yaitu $f_1 = f_2 = f$ (Tipler, 2008: 1062). Oleh karenanya hubungan v, λ dan f, dari dua medium tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f} \quad \rightarrow \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \qquad .....(2.19)$$

Melalui subtitusi persamaan (2.16) ke persamaan (2.19) maka akan di dapat persamaan berikut ini:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \qquad \text{atau} \qquad \lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2 \qquad ..... (2.20)$$

Sudut Kritis dan Pemantulan Sempurna



Gambar 2.14. Sinar datang dari medium dengan variasi sudut datang, saat sudut datang i = i_k sudut bias = 90°, saat sudut datang i > i_k, sinar mengalami pemantulan sempurna.

Telah diketahui sebelumnya bahwa suatu sinar yang merambat dari medium rapat ke medium renggang akan selalu menghasilkan sudut bias (r) lebih besar dari sudut datang (i). Sudut datang dengan sudut bias 90° disebut juga sebagai sudut kritis (i_k). Jika sudut datang sinar dari medium rapat melebih sudut kritis (atau i > i_k), sinar tidak lagi membias, melainkan memantul seluruhnya di dalam medium rapat tersebut, keadaan ini disebut sebagai pemantulan sempurna, lihat Gambar 2.14 di atas. Dengan demikian sudut kritis adalah sudut batas antara sinar yang akan dibiaskan atau dipantulkan.

Karena sudut kritis terjadi pada nilai sudut bias 90°. Pada kasus ini persamaan snellius dapat dituliskan sebagai:

$$n_i sin\ \theta_{ik} = n_r sin\ 90$$

Di mana, n_{i} adalah indeks bias medium sinar datang dan n_r adalah indeks bias medium sinar bias, sedangkan i_k adalah sudut kritis.

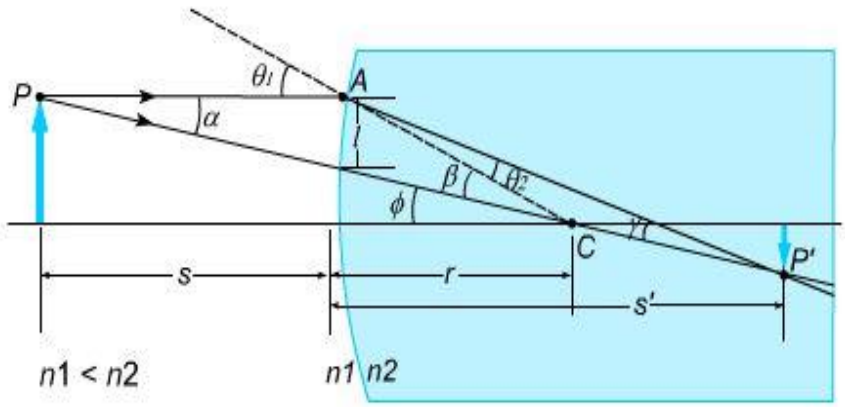
Karena sin 90° = 1, dengan demikian persamaan sudut kritisnya adalah:

$$sin\ \theta_{ik} = \frac{n_r}{n_i} \quad \rightarrow \quad \theta_{ik} = sin^{-1}\left(\frac{n_r}{n_i}\right) \qquad \text{..... (2.21)}$$

Fenomena pemantulan sempurna ini hanya dapat terjadi jika sinar merambat dari medium rapat ke medium renggang ($n_i > n_{\mathrm{r}}$) dan sudut datang sinar harus lebih besar dari sudut kritis (atau $i > i_k$).

Sebuah berlian yang terlihat berkilauan adalah karena terjadinya pemantulan sempurna cahaya di dalam berlian. Konsep pemantulan sempurna dalam kehidupan sehari-hari dimanfaatkan pada perangkat seperti serat optik untuk transmisi data cepat dan hemat daya, periskop sebagai alat navigasi pada kapal selam. Periskop memanfaatkan prinsip pemantualn sempurna pada menggunakan sistem prisma.

Pembentukan Bayangan pada Pembiasan



Gambar 2.15. Sketsa geometri sinar yang menghubungkan objek (P) dan bayangannya (P') yang terbentuk karena pembiasan oleh sebuah permukaan lengkung tunggal.

Suatu citra benda atau bayangan suatu benda dapat terjadi karena peristiwa pembiasan. Perhatikan diagram di atas, Titik P' adalah bayangan titik P (ujung benda) yang dibentuk oleh pembiasan permukaan lengkung di antara dua medium (udara ke kaca/plastik transparan) dengan indeks bias n_1 dan n_2. Sebuah persamaan yang menghubungkan jarak bayangan (s) jarak objek (s'), jari-jari kelengkungan (r), dan indeks bias (n_1 dan n_2) dapat diturunkan dengan menerapkan persamaan snellius melalui pendekatan sudut-sudut kecil.

Sudut-sudut θ_1 dan θ_2 merupakan pasangan sudut datang dan sudut bias, sehingga berlaku persamaan snellius:

$$n_1 sin\ \theta_1 = n_2 sin\ \theta_2$$

Dengan menerapkan pendekatan sudut kecil nilai $sin\,\theta \approx \theta$, maka diperoleh:

$$n_1\theta_1 = n_1\theta_1 \qquad \text{..... (2.22)}$$

Dari segitiga ACP', diperoleh:

$$\beta = \theta_2 + \gamma = \frac{n_1}{n_2}\theta_1 + \gamma \qquad \text{..... (2.23)}$$

Dari segitiga PAC, dapat ditemukan hubungan lain untuk $\theta_1$yaitu:

$$\theta_1 = \alpha + \beta \qquad \text{..... (2.24)}$$

Dengan mengganti $\theta_1$dari persamaan (2.23) dan (2.24), didapatkan:

$$n_1\alpha + n_1\beta + n_2\gamma = n_2\beta$$

atau,

$$n_1\alpha + n_2\gamma = (n_2 - n_1)\beta \qquad \text{..... (2.25)}$$

Dengan menggunakan pendekatan sudut kecil, $\alpha \approx l/s$, $\beta \approx l/r$, $\gamma \approx l/s'$, sehingga didapatkan:

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{r} \qquad \text{..... (2.26)}$$

Pada pembiasan, bayangan nyata dibentuk di belakang permukaan yang disebut sisi transmisi, sedangkan bayangan-bayangan maya terjadi pada sisi datang di depan permukaan.

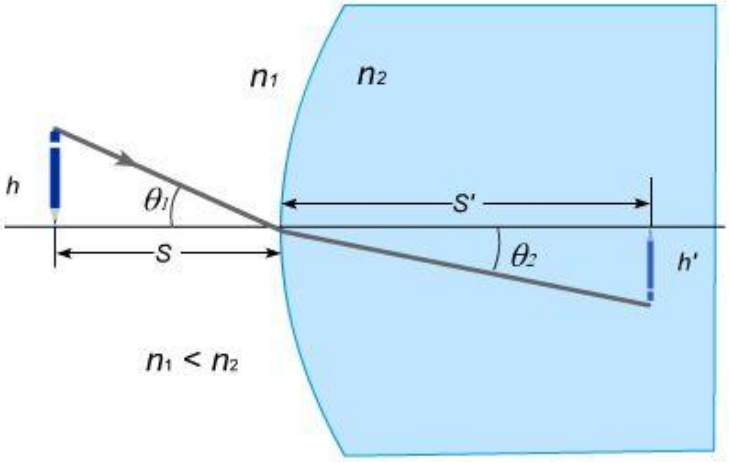
Sama halnya dengan persamaan pemantulan cahaya pada cermin lengkung, persamaan (2.26) pun berlaku perjanjian tanda. Berikut adalah perjanjian tanda yang digunakan:.

Tabel 2.5. Perjanjian tanda untuk persamaan pembiasan pada medium lengkung.

Besaran	Tanda	Keterangan
s	+	Untuk benda di daerah/sisi sinar datang (benda nyata)
s	-	Untuk benda di daerah/sisi sinar bias (benda maya)
s'	+	Untuk bayangan di daerah/sisi sinar bias (benda nyata)
s'	-	Untuk bayangan di daerah/sisi sinar datang (bayangan maya)
r	+	Jika pusat kelengkungan berada di daerah/sisi sinar bias (medium cembung).
r	-	Jika pusat kelengkungan berada di daerah/sisi sinar datang (medium cekung).
h'	+	Untuk bayangan tegak
h'	-	Untuk bayangan terbalik

Berdasarkan Tabel 2.5, terlihat bahwa s' positif dan bayangan bersifat nyata jika berada pada sisi yang dilewati oleh cahaya yang dipantulkan atau dibiaskan. Untuk pemantulan, sisi ini berada di depan cermin, sedangkan untuk pembiasan ini berada di belakang sisi pembiasan serupa halnya dengan r dan f yang bernilai positif ketika pusat kelengkungannya berada pada sisi yang dilewati cahaya yang dipantulkan atau dibiaskan.

Perbesaran Bayangan oleh Pembiasan Medium Lengkung



Gambar 2.16. Sebuah objek pensil setinggi h dan bayangannya (setinggi h') yang terbentuk karena pembiasan oleh permukaan lengkung suatu medium.

Bagaimanakah bentuk persamaan untuk menentukan persamaan perbesaran bayangan benda? Perhatikan Gambar 2.16 di atas. Sebuah sinar dari puncak objek ke puncak bayangan. Sinar tersebut dibelokkan menuju garis normal saat melewati permukaan tersebut, sehinngga θ_2 lebih kecil dari θ_1. Sudut-sudut tersebut dihubungkan dengan persamaan snellius dengan persamaan

$$n_1 sin\ \theta_1 = n_2 sin\ \theta_2$$

Ukuran benda dan bayangan dihubungkan dengan sudut oleh

$$tan\ \theta_1 = \frac{y}{s}\ , \qquad tan\ \theta_2 = \frac{-y'}{s'}$$

Tanda minus disematkan pada y' karena bayangan terbalik. Dengan menggunakan pendekatan sinar-sinar paraksial (sudut kecil), maka nilai sinus kira-kira sama dengan nilai tangennya. Sehingga persamaan Snellius dapat dirubah menjadi:

$$n_1 \frac{y}{s} = n_2 \frac{-y'}{s'}$$

Sehingga perbesarannya menjadi:

$$M = \frac{y'}{y} = -\frac{n_1.s'}{n_2.s'} \qquad \text{..... (2.27)}$$

Persamaan (2.27) dapat juga digunakan untuk menentukan kedalaman yang tampak dari sebuah objek di bawah air saat dilihat langsung dari atas. Dalam kasus seperti seorang pengamat yang melihat ikan, secara tegak lurus di atas air, maka permukaan lengkung (air) adalah tak berhingga. Sehingga persamaan di atas dapat ditulis menjadi:

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = 0$$

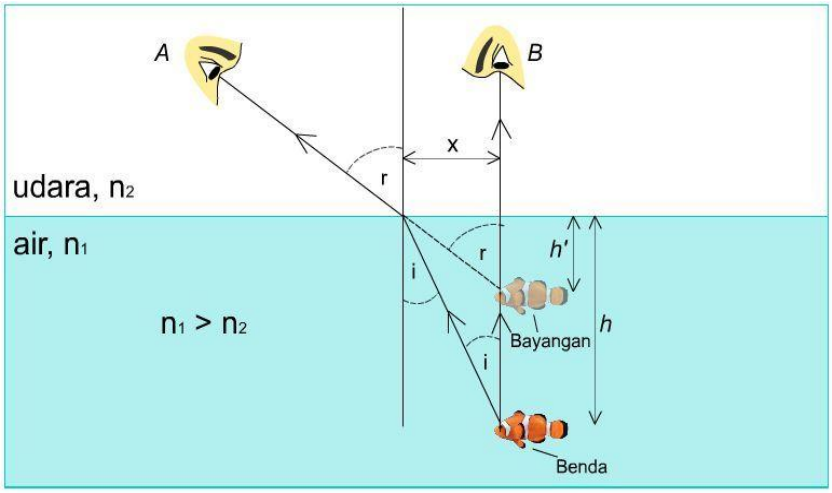
Di mana n_1 adalah indeks bias medium pertama (air) dan n_2 adalah indeks bias medium kedua (udara). Dengan demikian persamaan untuk kedalaman yang tampak, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$s' = -\frac{n_2}{n_1} s \qquad \text{..... (2.28)}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa bayangan tersebut nyata dan pada sisi yang sama dari permukaan pembias seperti objeknya, seperti ditunjukkan pada diagram sinar pada Gambar (2.25).

Kedalaman Semu

Dasar kolam renang yang diisi air penuh, nampak terlihat dangkal padahal dasar kolam lebih dalam dari yang diperkirakan sebelumnya. Fenomena lebih dangkalnya dasar kolam yang terlihat saat kolam terisi air penuh disebut juga dengan **kedalaman semu**. Bagaimanakah formulasi menentukan kedalaman semu tersebut? Mari perhatikan Gambar 2.17 ini.



Gambar 2.17. Dua pengamat A dan B mengamati ikan dari sudut pandang yang berbeda.

Gambar 2.17 memperlihatkan pengamat A dan B di udara mengamati ikan pada posisi yang berbeda. Secara geometri dari Gambar 2.17 ditemukan bahwa,

$$tan\, i = \frac{x}{h}$$

$$tan\, i = \frac{x}{h'}$$ Sehingga,

$$\frac{\tan\ i}{\tan\ r} = \frac{h'}{h} \qquad \text{..... (2.29)}$$

Karena, $$tan\ i = \frac{\sin\ i}{\cos\ r}$$

Maka persamaan **(**2.29**)** dapat dirubah menjadi,

$$\frac{\sin\ i}{\cos\ i} \times \frac{\cos\ r}{\sin\ r} = \frac{h'}{h} \qquad \text{..... (2.30)}$$

Dari persamaan snellius, diketahui bahwa

$$\frac{\sin\ i}{\sin\ r} = \frac{n_2}{n_1}$$

Sehingga persamaan (2.30) dapat dirubah menjadi:

$$\frac{h'}{h} = \frac{n_{\ 2}}{n_{\ 1}} \times \frac{\cos\ r}{\sin\ i} \qquad \text{..... (2.31)}$$

Persamaan (2.31) merupakan persamaan untuk menentukan kedalaman semu bayangan dari benda di dalam air yang dilihat pengamat di udara, pada sudut pandang sembarang. Adapun untuk pengamat B yang posisinya tegak lurus dengan benda (ikan), besar sudut datang i akan sama dengan nol, begitu juga sudut bias r akan sama dengan nol pula, sehingga persamaan kedalaman semu berubah menjadi:

$$\frac{h^{'}}{h} = \frac{n_{\ 2}}{n_{\ 1}} \qquad \text{..... (2.32)}$$

Dengan :

h` = kedalaman bayangan semu yang dilihat pengamat di posisi A

h = tinggi benda sesungguhnya

n_1 = indeks bias medium tempat benda berada

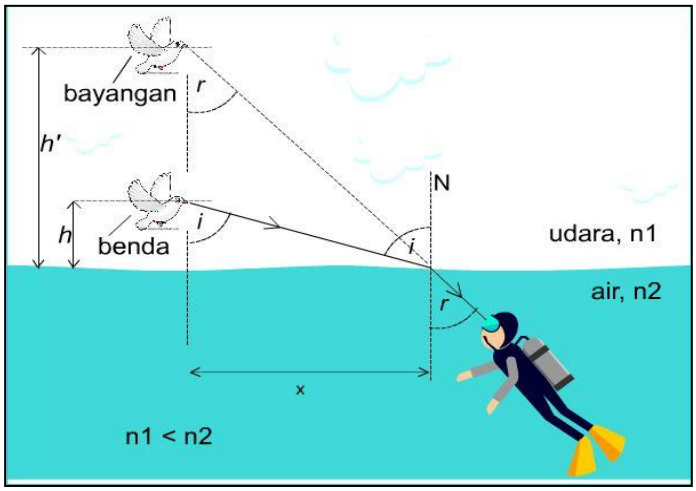
n_2 = indeks bias medium tempat pengamat berada

i = sudut datang

r = sudut bias

Ketinggian Semu

Seorang penyelam melihat burung terbang di atas permukaan air. Jika jarak burung ke permukaan air adalah satu meter, apakah jarak tersebut sama jika diamati oleh penyelam di dalam air? Secara empiris, jika pengamat berada di dalam air, bayangan suatu objek terhadap permukaan air tampak lebih jauh dibandingkan dengan letak objek sebenarnya terhadap permukaan air. Perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 2.18. Seorang perenang melihat burung, bayangannya tampak lebih tinggi dari objek burung sebenarnya.

Melalui analisis geometri menggunakan Gambar 2.18 di atas dan cara yang sama pada penentuan kedalaman semu dengan menetapkan h sebagai ketinggian nyata dan h' sebagai ketinggian semu, maka didapatkan persamaan yang sama yaitu:

$$\frac{h'}{h} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{\cos r}{\sin i} \qquad \text{..... (2.31)}$$

Persamaan tersebut di atas adalah untuk ketinggian semu pada sudut pandang tertentu. Adapun persamaan ketinggian semu pada sudut pandang = 0° (benda dan pengamat segaris dalam arah vertikal) adalah:

$$\frac{h'}{h} = \frac{n_2}{n_1} \qquad \text{..... (2.32)}$$

Dengan:

h' = ketinggian semu

h = ketinggian nyata/sesungguhnya

n_1 = indeks bias medium tempat benda berada

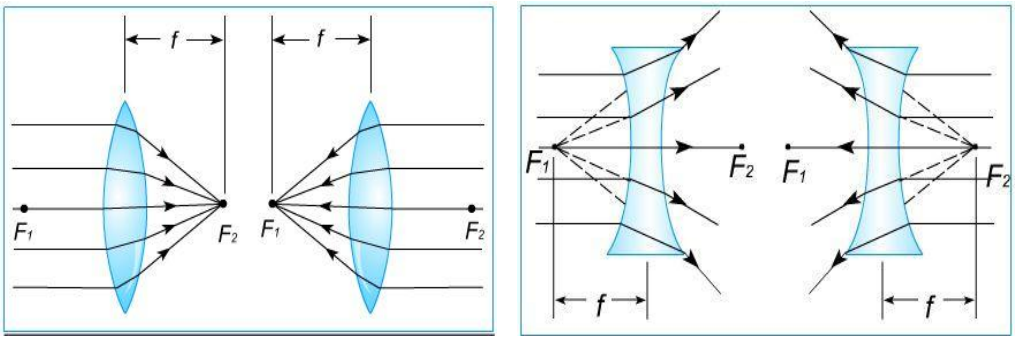
n_2 = indeks bias medium tempat pengamat berada

i = sudut datang (sudut sinar dari benda)

r = sudut bias (sudut sinar ke pengamat/sudut lihat)

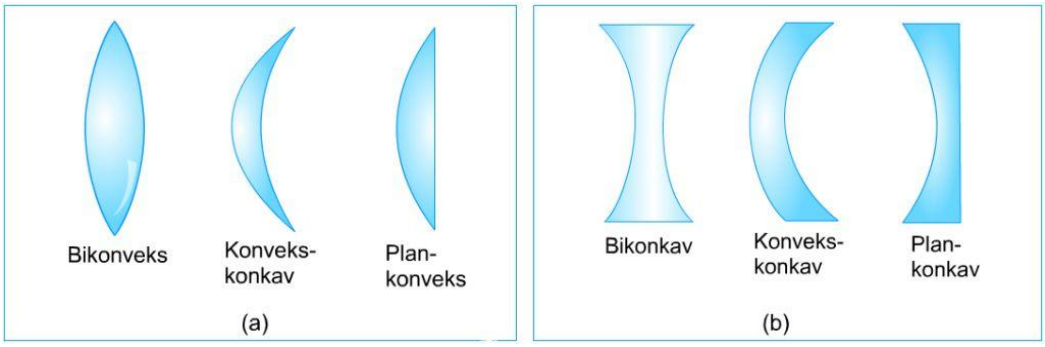
Pembiasan Cahaya pada Lensa Tipis

Salah satu penerapan praktis konsep pembentukan bayangan oleh pembiasan adalah penggunaan lensa pada berbagai alat optik seperti: kaca pembesar, mikroskop, dan teropong. Lensa adalah material bening dengan permukaan lengkung di kedua sisi atau salah satunya dan memiliki indeks bias berbeda dengan indeks bias udara (Hsu, 2005: 521). Suatu lensa dapat membiaskan sinar-sinar objek yang mengenainya (sesuai hukum snellius tentang pembiasan cahaya) lalu menghasilkan bayangan dari objek-objek tersebut pada jarak dan perbesaran tertentu, tergantung jarak objek terhadap lensa.



Gambar 2.19. (a) Lensa Cembung, (b) Lensa Cekung.

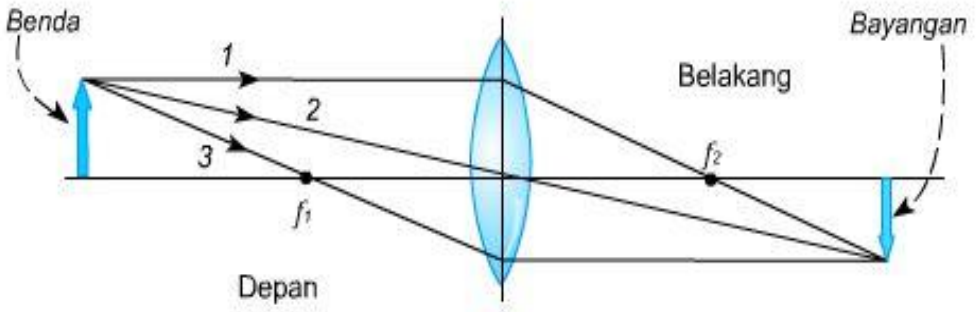
Berdasarkan sifatnya, terdapat dua jenis lensa, yaitu: lensa cembung (atau konveks/konvergen) dan lensa cekung (atau lensa konkaf/divergen). Pada lensa cembung jika disinari sinar-sinar sejajar, maka sinar akan dibiaskan oleh lensa dengan arah saling mendekati dan berkumpul melalui satu titik dengan intensitas maksimum. Titik tersebut kemudian disebut sebagai titik fokus lensa cembung (lihat Gambar 2.19 a). Sedangkan pada lensa cekung jika disinari sinar-sinar sejajar, maka sinar akan dibiaskan menyebar seolah-olah berasal dari satu titik. Titik tersebut kemudian disebut sebagai titik fokus lensa cekung (lihat Gambar 2.19 b). Berdasarkan bentuknya, ada beberapa macam lensa cembung dan cekung. Jenis-jenis lensa tersebut diperlihatkan oleh gambar berikut ini:



Gambar 2.20. (a) Jenis-jenis lensa cembung/konveks, (b) Jenis-jenis lensa cekung/konkaf.

Sama halnya dengan cermin, cahaya (pantul) dari suatu objek, yang dibiaskan oleh lensa dapat menghasilkan bayangan dengan karakteristik beragam bergantung pada ukuran fokus lensa dan jarak benda terhadap lensa. Untuk keperluan praktis dan mengkhususkan pembahasan pembiasan cahaya hanya pada lensa tipis, terdapat beberapa sinar-sinar istimewa yang dapat digunakan untuk melukis pembentukan bayangan hasil pembiasan oleh lensa cembung maupun cekung. Berikut adalah diagram dan penjelasan sinar-sinar istimewa pada lensa (tipis) cembung maupun cekung.

Sinar-sinar istimewa untuk pembiasan cahaya pada lensa cembung

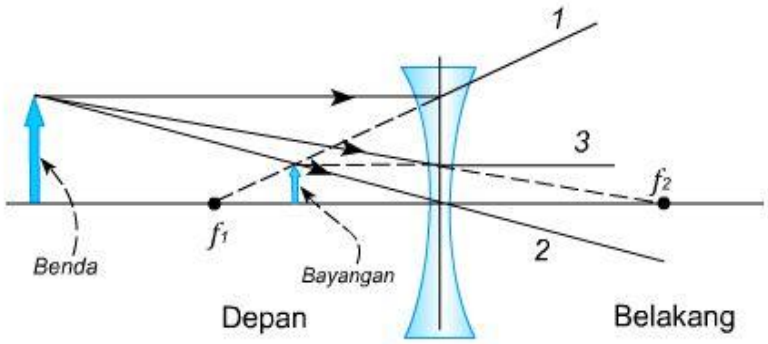


Gambar 2.21. Pelukisan bayangan dari suatu benda menggunakan tiga sinar istimewa pada lensa cembung.

Penjelasan sinar:

1. Sinar datang sejajar sumbu utama lensa, dibiaskan melalui titik fokus (f_2).
2. Sinar datang melalui titik pusat sumbu utama lensa, diteruskan tanpa dibiaskan/dibelokkan.
3. Sinar datang melalui titik fokus lensa (f_1) dibiaskan sejajar sumbu utama lensa.

Sinar-sinar istimewa untuk pembiasan cahaya pada lensa cekung.

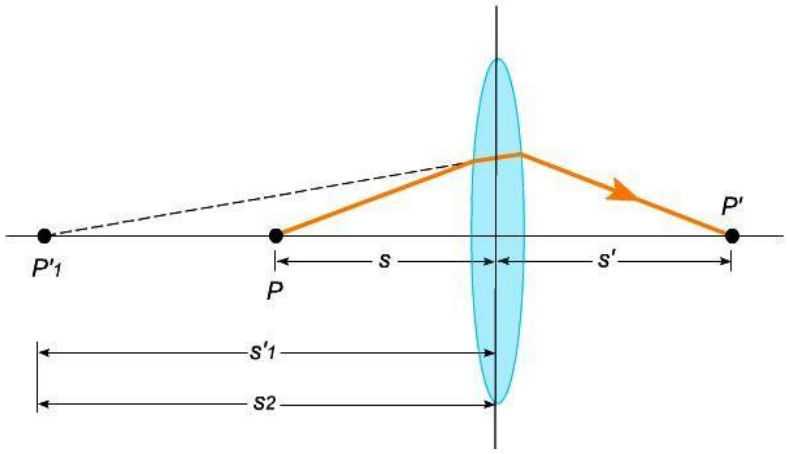


Gambar 2.22: Pelukisan bayangan dari suatu benda menggunakan tiga sinar istimewa pada lensa cekung.

Penjelasan sinar:

1. Sinar datang sejajar sumbu utama lensa, dibiaskan seolah-olah melalui titik fokus (f_1).
2. Sinar datang melalui titik pusat sumbu utama lensa, diteruskan tanpa dibiaskan/dibelokkan.
3. Sinar datang melalui titik fokus lensa (f_2) dibiaskan sejajar sumbu utama lensa.

Persamaan Umum Lensa Tipis



Gambar 2.23. Sketsa Geometri sinar yang menghubungkan objek (P) dan bayangannya (P') yang terbentuk karena pembiasan oleh lensa tipis

Perhatikan Gambar 2.23. Terdapat sebuah lensa tipis berindeks bias n dengan udara di kedua sisinya. Misalkan jari-jari kelengkunngan lensa adalah r_1 dan r_2. Jika sebuah benda berada pada jarak s dari permukaan pertama (dari lensa), maka jarak bayangan s'_1 yang disebabkan pembiasan pada permukaan pertama dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.26):

$$\frac{1}{s} + \frac{n}{s'_1} = \frac{n-1}{r_1} \qquad \text{..... (2.33)}$$

Cahaya yang dibiaskan pada permukaan pertama dibiaskan kembali pada permukaan kedua. Pada Gambar 2.23, bayangan P'1 yang dihasilkan dari pembiasan oleh permukaan pertama, bersifat maya (karena terbentuk di depan lensa).

Sinar-sinar yang dibiaskan dari permukaan pertama menyebar seolah-olah datang dari titik bayangan P'_1. Sinar-sinar tersebut mengenai permukaan kedua dengan sudut-sudut yang sama seolah-olah ada sebuah objek pada

titik bayangan ini P'_1. Dengan demikian bayangan untuk permukaan pertama kemudian menjadi objek bagi permukaan kedua.

Karena ketebalan lensa diabaikan (lensa tipis), maka jarak objeknya untuk permukaan kedua (s_2) adalah sama dengan nilai s'_1, namun karena jarak-jarak objek di depan permukaan adalah positif sedangkan jarak-jarak bayangan adalah negatif, maka jarak objek untuk permukaan kedua adalah $s_2 = -s'_1$. Pada permukaan kedua berlaku $n_1 = n$, $n_2 = 1$, $s_2 = -s'_1$. Sementara, jarak bayangan untuk permukaan kedua adalah jarak bayangan akhir s' bagi lensa tersebut (atau s'_2 = s'). Sehingga Persamaan (2.33) untuk permukaan kedua dapat ditulis menjadi:

$$\frac{n}{-s'_1} + \frac{1}{s'} = \frac{1-n}{r_2} \qquad \text{..... (2.34)}$$

Kita dapat menghilangkan jarak bayangan untuk permukaan pertama s'_1 dengan menambahkan persamaan (2.33) dan (2.34). Kita dapat persamaan (2.35) berikut:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad \text{..... (2.35)}$$

Persamaan (2.35) memberikan jarak bayangan s' sehubungan dengan jarak objek s dan sifat-sifat lensa tipis $-r_1$, r_2 dan indeks bias n. Seperti pada cermin, panjang fokus lensa tipis didefinisikan sebagai jarak bayangan jika jarak objeknya tak hingga. Dengan menganggap s sama dengan tak hingga dan menulis f untuk jarak bayangan s', didapatkan

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad \text{..... (2.36)}$$

Persamaan ini disebut juga sebagai persamaan pembuat lensa, persaman tersebut menjelaskan jenjang fokus lensa tipis sehubungan

denghan sifat-sifat lensa tersebut. Dengan mensubtitusi $1/f$ untuk sisi kanan Persamaan (2.35). Maka didapatkan:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \qquad \text{..... (2.37)}$$

Persamaan (2.37) disebut juga Persamaan Umum Lensa Tipis. Persamaan ini dapat digunakan untuk menentukan karakteristik bayangan ditinjau dari hubungan jarak dan letaknya terhadap lensa, namun tidak cukup membantu untuk menentukan rasio perbesaran bayangan terhadap benda. lalu bagaimanakah persamaan untuk menentukan perbesaran bayangan yang terbentuk? Tinjau kembali persamaan (2.27) berikut:

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{n_1 . s'}{n_2 . s'}$$

Pada lensa tipis, baik benda maupun bayangan sama-sama berada di udara, dengan demikian indeks bias medium objek tersebut adalah sama (udara) yaitu n_1= 1 dan n_2= 1, sehingga persamaan tersebut dapat diganti dengan persamaan berikut:

$$M = -\frac{s'}{s} \qquad \text{..... (2.38)}$$

Dengan melakukan sedikit penurunan rumus menggunakan persamaan dan mensubtitusikan ke persamaan di atas, akan diperoleh persamaan perbesaran bayangan yang lain yaitu:

$$M = \frac{-f}{s-f} \qquad \text{..... (2.39)}$$

atau

$$M = \frac{s'-f}{-f} \qquad \text{..... (2.40)}$$

Baik persamaan umum maupun persamaan perbesaran bayangan, keduanya berlaku perjanjian tanda agar tidak terjadi kesalahan perhitungan

dan penentuan sifat bayangan. Berikut adalah perjanjian tanda untuk persamaan umum dan perbesaran bayangan pada lensa tipis.

- Jarak benda (s) bertanda (+) untuk benda nyata (berada di depan lensa)
- Jarak bayangan s bertanda (+) untuk bayangan nyata (di belakang lensa/berlawanan pihak dengan benda)
- Titik fokus lensa (f) bertanda (+) untuk lensa cembung.
- Perbesaran (M) bertanda (+) untuk bayangan Maya-Tegak.

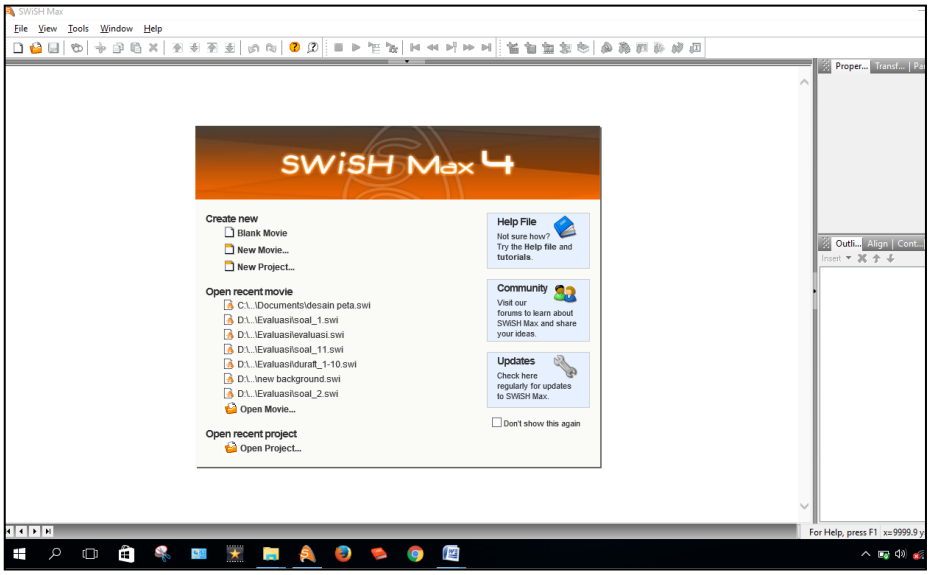
  Berikut adalah interpretasi nilai perbesaran M

- Panjang bayangan lebih pendek dibandingkan panjang benda jika M < 1.
- Panjang bayangan sama besar dengan panjang benda jika M = 1.
- Panjang bayangan lebih panjang dibandingkan panjang benda jika M > 1

Tanda dapat berganti (-) jika sifat kondisinya berkebalikan.

E. SWiSh Max

Swish Max, adalah program aplikasi lengkap untuk pembuatan animasi berbasis *flash player* (sebuah program aplikasi pengoperasi suatu animasi sederhana, permainan digital dan berbagai perangkat yang menggunakan multimedia) (SWiSHzone.com, 2007). Swish Max digunakan untuk membuat beragam animasi yang menarik dan penuh kreasi tanpa harus menggunakan program aplikasi Adobe Flash (generasi ke-sembilan dari *Macromedia Flash* yang merupakan program aplikasi perintis penghasil aplikasi berbasis *flash*).

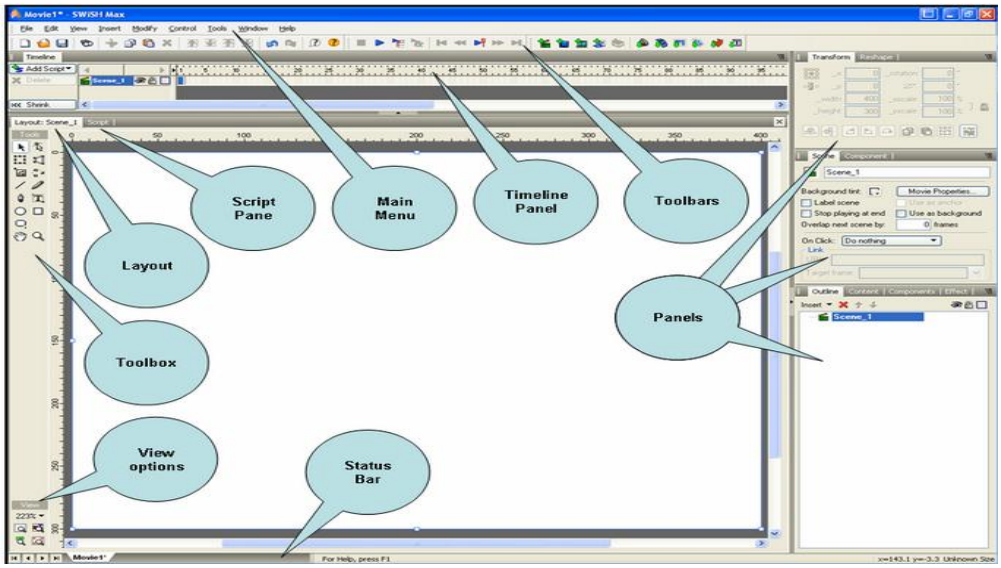


Gambar 2.24. Tampilan muka program aplikasi SWiSH Max4

Swish Max memudahkan pengguna dalam membuat dan mengembangkan program animasi dengan menggunakan teks, gambar, grafik, video dan suara secara kompleks dan terintegrasi.

Seiring populernya penggunaan media pembelajaran berbasis flash, Swish Max juga sering digunakan sebagai program aplikasi pembuatan media presentasi atau media pembelajaran interaktif. Swish Max dikembangkan oleh

SWiSHzone.com Sejak tahun 1999. Pengembangan program aplikasi Swish Max di awali dari generasi SWiSH Lite, SWiSH2, SWiSH Max dan kemudian SwisH Max2. SWiSH Max versi 4 atau SWiSH Max4 adalah generasi keempat *SWiSH Lite* yang diperkenalkan oleh SWiSHzone.com Pty. Proses pembuatan Program MMF, penulis menggunakan Aplikasi SWiSH Max4 versi 4.0 dengan data *update* November 2010 (*Build Date* 2010.11.02)., sebagai penyempurnaan dari Swish Max (versi pertama).



Gambar 2.25**.** Perangkat-perangkat pada program aplikasi SWiSH Max4

Adapun perangkat-perangkat penggunaan (*tools*) pada tampilan muka program SWiSH Max4 yaitu terdiri atas jendela (panel):

1. *Main Menu* (Menu utama): terletak di bawah baris judul, berisi perintah-perintah atau opsi pengeditan dari keseluruhan perangkat (*tools*) pada Program SWiSH Max4.

2. *Toolbox*: berisi perangkat-perangkat yang digunakan untuk menggambar dan mengedit objek pada area kerja (*workspace*).

3. *Layout Panel*: digunakan untuk mengatur dan mengedit objek di dalam movie, menampilkan *movie*, scene atau efek animasi yang telah dibuat oleh pengguna.

4. *Script Panel*: jendela yang digunakan pengguna untuk memberikan perintah aksi terhadap suatu objek animasi atau objek variabel, menggunakan bahasa pemograman (*script)*.

5. *Timeline*: digunakan untuk mengontrol waktu penampilan efek animasi setiap objek.

6. *Tool Bar*: berisi perangkat-perangkat yang dapat digunakan sebagai alternatif perintah yang terdapat pada menu utama.

7. *Panels*: terdiri dari jendela fleksibel (dapat dipindah-posisikan) yang dapat digunakan untuk mengontrol berbagai opsi dan pengaturan.

8. *Status Bar:* terletak di bagian bawah jendela kerja Swish Max2. Baris ini menampilkan infromasi cara menggunakan perangkat yang sedang digunakan.

9. *View Options*: digunakan untuk mengatur skala dan penyesuian jaringan kotak-kotak (*grid*) pada layar kerja.

F. Kerangka Teoretik

Pengembangan MMF pada materi optika merupakan langkah yang tepat dalam meningkatkan penyerapan informasi saat belajar. Hal ini karena MMF memiliki kelebihan-kelebihan sebagaimana yang dimiliki modul dan multimedia.

Ditinjau dari segi kelebihan modul, konsep MMF yang akan dikembangan ini dirancang agar dapat memenuhi kebutuhan belajar mandiri siswa dan juga untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap pelajaran fisika. Saat siswa merasa butuh akan belajar, maka sejatinya ia akan belajar secara mandiri kapan saja dan di mana saja. Selain itu, MMF menyajikan konten materi yang disusun lengkap dan sistematis, sehingga membantu siswa mempelajari konsep materi secara bertahap.

Ditinjau dari segi kelebihan multimedia, MMF mendukung kegiatan belajar melibatkan multiindra secara aktif (*audio-visual*), siswa dapat belajar sambil melihat, mendengar bahkan berinteraksi dengan multimedia itu. Oleh karenanya penyerapan informasi yang disajikan menjadi lebih baik.

Selain itu, dengan visualisasi konsep dan penyajian tampilan yang dinamis dan menarik, MMF dapat membantu siswa berimaginasi tentang konsep-konsep abstrak secara benar. Selain itu, MMF yang dikembangkan menyajikan contoh soal yang kompleks beserta dengan solusi penyelesaiannya. Sehingga, MMF yang telah dibuat diharapkan dapat membantu siswa dalam mengatasi kesulitan belajarnya khususnya pada materi optika geometri., dijadikan acuan siswa dalam menganalisis soal-soal kompleks lainnya.

Pengembangan MMF ini merupakan upaya penulis untuk mendukung konsep kegiatan pembelajaran fisika yang dapat membuat siswa belajar secara aktif, dan menyenangkan. Selain itu, MMF yang dikembangkan ini juga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan analisis siswa dalam pelajaran fisika nantinya.

G. Penelitian Relevan

Terdapat beberapa hasil penelitian relevan yang ditemukan terkait dengan kemampuan analisis, proses berpikir siswa dan pendukungnya. Hasil penelitan Wulandari dkk (2014) menunjukkan bahwa siswa kesulitan menyelesaikan soal-soal berbentuk grafik, karena cenderung menghafal langkah-langkah daripada menganalisisnya. Musik belajar dapat konstrasi, merekatkan ingatan materi pelajaran, membuat suasana lebih rileks dan gembira, dan akhirnya dapat mempengaruhi performa untuk mendapatkan nilai ujian yang lebih tinggi (Supradewi, 2010).

Kegiatan penelitian tentang efektifitas dan pengembangan multimedia pembelajaran fisika telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hasil studi tentang penggunaan Multimedia di sekolah menengah (seperti yang dilakukan: Neo & Neo, 2001; Dellit, 2001; Hamizer, 2006; Saehana, 2011; Clark & Bryan, 2011) menunjukkan bahwa Multimedia pembelajaran dapat meningkatkan kualitas pembelajaran, kemampuan memecahkan masalah dan hasil belajar siswa.

Beberapa hasil penelitian tentang pengajaran fisika menunjukkan bahwa optika geometri merupakan salah satu topik fisika yang dianggap sulit bagi siswa (Galili & Hazan, 2001; Heywood, 2005). Hal ini karena topik optika geometri banyak mengandung konsep abstrak dan kompleks. Utomo (2013), mengembangkan multimedia fisika pada materi cahaya. Hasilnya, produk yang dikembangkan dapat meingkatkan prestasi hasil belajar siswa.

Konsep modul multimedia merupakan suatu inovasi yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Beberapa produk yang dikembangkan di antaranya: Modul multimedia berbasis masalah untuk meningkatkan pemahaman siswa (Suwindra dkk, 2012), Modul elektronik animasi interaktif untuk meningkatkan motivasi belajar siswa (Wiyoko dkk, 2014); media pembelajaran *Flipbook* untuk meningkatkan hasil belajar siswa (Hayati dkk,

2015), Modul Elektronik dengan Strategi *PDEODE* (Nurmayanti dkk, 2015), Modul Elektronik berbasis *learning cycle* 7*e* (Ghaliyah dkk, 2015).

Penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan suatu produk media berbentuk modul multimedia fisika (MMF) pada materi optika geomtri yang tujuannya adalah agar dapat digunakan sebagai sumber belajar fisika pada materi optika geometri dan untuk meningkatkan kemampuan analisis siswa. Kegiatan pengembangan MMF ini, mempertimbangkan informasi yang diperoleh dari penelitian relevan dan teori-teori pendukung. Sehingga diharapkan produk MMF yang dikembangkan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan analisis siswa khususnya pada materi optika geometri.