

# **BUKU AJAR MATA KULIAH FISIKA SMA DISERTAI LKM BERORIENTASI ICARE**

Tim Penulis  
Jurubahasa Sinuraya  
Ida Wahyuni  
Deo Demonta Panggabean



**Drs. Jurubahasa Sinuraya, M.Pd** lahir di Juhar Kabupaten Karo 30 Januari 1960. Tahun 1973 menamatkan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Juhar, SMP RK Kabanjahe Tahun 1977, dan SMA Negeri Kabanjahe tahun 1980. Pendidikan Tinggi Program S1 Pendidikan Fisika IKIP Negeri Medan Tahun 1985, dan Program S2 Teknologi Pembelajaran Universitas Negeri Malang Tahun 1995. Pernah menjabat sebagai sekretaris jurusan fisika FMIPA Universitas Negeri Medan tahun tahun 1997 – 2003, sebagai Ketua Jurusan Fisika tahun 2003 – 2007, dan Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Periode Tahun 2016-2019.

Saat ini menjadi dosen tetap di Jurusan Fisika FMIP Univeritas Negeri. Saat ini juga menjabat sebagai Ketua Prodi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan. Pendidikan dan pelatihan yang pernah diikuti antara lain ToT Pelatihan Terintegrasi Berbasis Kompetensi tahun 2003 di Bandung, Instruktur pada Pelatihan Kurikulum Berbasis Kompetensi tahun 2004-2005, Instruktur dalam Pendidikan dan Latihan Profesi Guru tahun 2007-2014.



**Dra. Ida Wahyuni, M.Pd** lahir Sabadok Kabupaten Tapanuli Selatan 18 Januari 1964. Tahun 1976 menamatkan pendidikan dasar di SD Negeri No.3 Teladan Kotanopan. SMP Negeri 1Kotanopan tahun 1980 dan SMA Negeri 1 Kotanopan Tahun 1983. Pendidikan tinggi Program S1 FMIPA FISIKA Universitas Sumatera Utara Tahun 1992 dan Program S2 Teknologi Pendidikan Universitas Negeri Medan Tahun 2008. Saat ini menjadi dosen tetap di Jurusan Fisika FMIPA UNIMED.



**Deo Demonta Panggabean, S.Pd., M.Pd** lahir di Medan pada tanggal 24 Mei 1988. Menamatkan Pendidikan dasar di SD Sw. Teladan Medan Tahun 2000, SMP Sw. Teladan Medan Tahun 2003, dan SMA Sw. Teladan Tahun 2005. Pada tahun 2010 lulus Sarjana Pendidikan (S1) Program Studi Pendidikan Fisika dari Universitas Negeri Medan. Pada tahun 2013 lulus Magister Pendidikan (S2) Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Negeri Medan. Tahun 2017 s.d sekarang sebagai Koordinator Bidang Kewirausahaan dan TTTG di LPM UNIMED. Saat ini bertugas sebagai Dosen di FMIPA Jurusan Fisika UNIMED.

UNIVERSITY



**BUKU AJAR MATAKULIAH FISIKA SMA  
DISERTAI LKM BERORIENTASI *ICARE***



**Penulis :**  
**Jurubahasa Sinuraya**  
**Ida Wahyuni**  
**Deo Demonta Panggabean**

**Penerbit :**  
**CV. Harapan Cerdas**

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY

©2018, CV Harapan Cerdas

Judul Buku : BUKU AJAR MATAKULIAH FISIKA SMA DISERTAI LKM  
BERORIENTASI *ICARE*

ISBN : 978-602-5799-20-4

Penyusun : Jurubahasa Sinuraya  
Ida Wahyuni  
Deo Demonta Panggabean

Desain Sampul : Adek Cerah Kurnia Azis

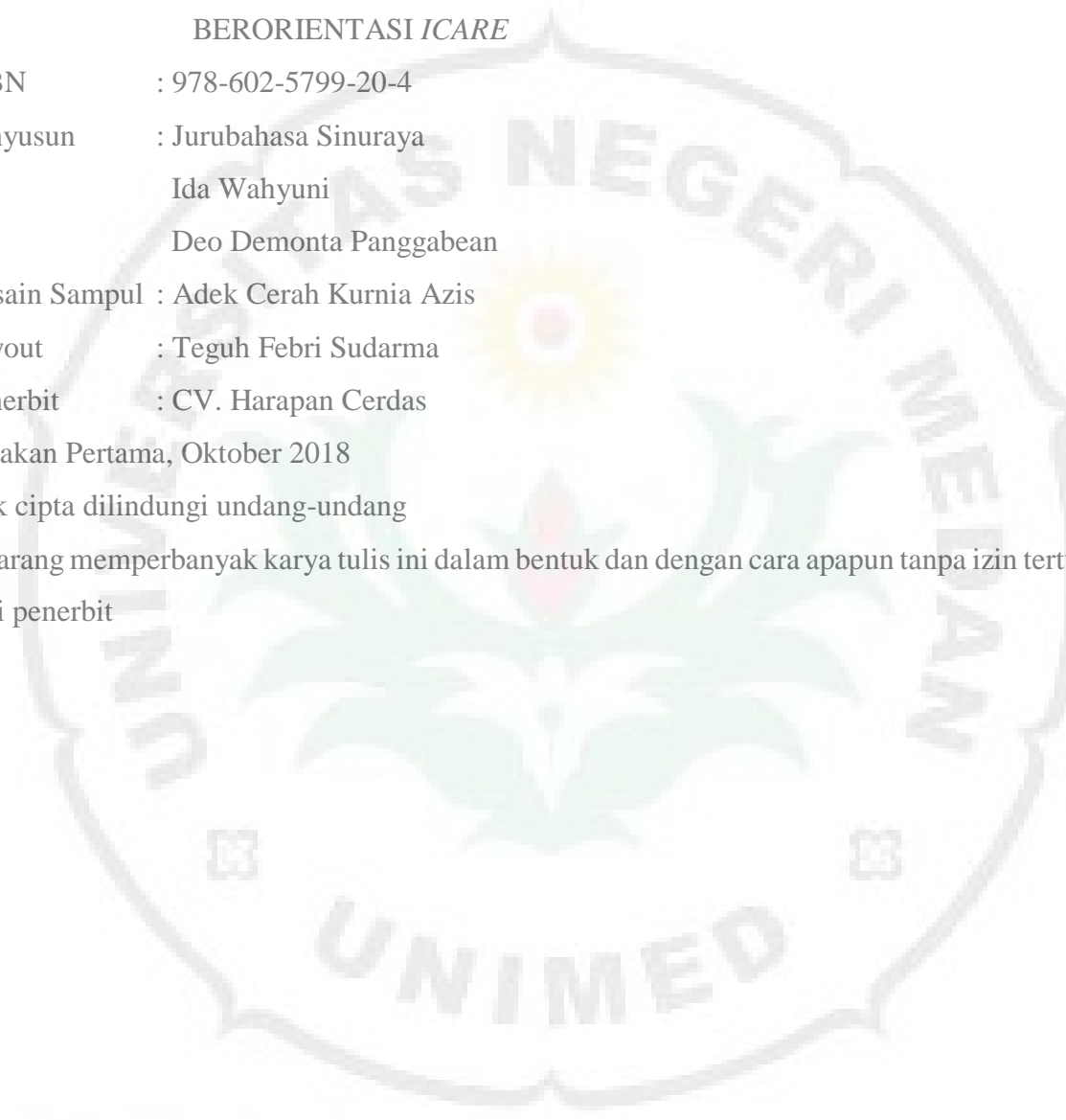
Layout : Teguh Febri Sudarma

Penerbit : CV. Harapan Cerdas

Cetakan Pertama, Oktober 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit



THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY

## KATA PENGANTAR

Buku ajar Fisika SMA Mata Kuliah Fisika SMA Disertai LKM Berorientasi *ICARE* ini merupakan bahan ajar untuk mendukung tercapainya kompetensi mata kuliah Fisika SMA yang terdapat pada Kurikulum KKNI tahun 2016 Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan. Digunakannya buku ajar ini dalam perkuliahan diharapkan mahasiswa akan memiliki pengetahuan tentang bagaimana merancang bahan ajar yang baik yang berbasis aktivitas peserta didik, merancang dan menganalisis hasil percobaan lembar kerja mahasiswa (LKM), dan memiliki pengetahuan tentang miskonsepsi dan cara penanggulangannya.

Isi Buku ajar ini diawali dengan kajian singkat tentang konsep-konsep yang penting dari setiap topik, di mana setiap topik disertai dengan lembar kerja mahasiswa sesuai dengan urutan *ICARE*. Topik-topik kajian yang dimuat pada Buku Fisika SMA mengacu pada topik-topik yang terdapat pada Kurikulum Fisika SMA/MA tahun 2013 ditambah konsep bahan ajar dan miskonsepsi.

Buku Ajar ini disajikan dengan bahasa yang cukup sederhana agar dapat digunakan secara efektif oleh para dosen, guru, mahasiswa calon guru, dan siswa SMA/MA untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dan siswa SMA/MA. Semoga buku ajar yang sederhana ini dapat memberikan informasi bagi mahasiswa dan siswa dan bermanfaat bagi semua pihak, serta mendapat berkat dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

Medan, Oktober 2018

Tim Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	<i>i</i>
DAFTAR ISI .....	<i>ii</i>
TUJUAN PEMBELAJARAN MATAKULIAH .....	<i>iv</i>
BAB I BAHAN AJAR .....	1
A. PENGERTIAN BAHAN AJAR .....	1
B. PENGEMBANGAN BAHAN AJAR .....	9
C. PRINSIP-PRINSIP PENGEMBANGAN BAHAN AJAR .....	11
D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS ICARE .....	12
BAB II PENGUKURAN .....	16
A. PENGUKURAN DAN KESALAHAN PENGUKURAN .....	16
B. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS ICARE .....	27
BAB III KINEMATIKA .....	31
A. VEKTOR DAN SKALAR .....	31
B. PENJUMLAHAN VEKTOR .....	32
C. PERUMUSAN VEKTOR RESULTAN .....	32
D. PERKALIAN VEKTOR .....	33
E. KINEMATIKA DALAM SATU DIMENSI .....	34
F. JARAK DAN PERPINDAHAN .....	35
G. LAJU DAN KECEPATAN RATA-RATA .....	35
H. KECEPATAN SESAAT .....	36
I. GERAK LURUS .....	37
J. GERAK JATUH BEBAS .....	37
K. GERAK PELURU .....	38
L. GERAK MELINGKAR .....	40
M. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS ICARE .....	41
BAB IV DINAMIKA .....	44
A. KONSEP GAYA .....	44
B. HUKUM – HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.....	45
C. APLIKASI HUKUM NEWTON.....	46
D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS <i>ICARE</i> ...	49
BAB V USAHA DAN ENERGI .....	55
A. PENGERTIAN USAHA .....	55
B. USAHA OLEH GAYA (F) .....	56

C. USAHA OLEH GAYA GESEKAN .....	58
D. PENGERTIAN ENERGI .....	59
E. ENERGI KINETIK.....	60
F. ENERGI POTENSIAL .....	61
G. ENERGI MEKANIK .....	63
H. DAYA DAN EFISIENSI.....	65
I. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS <i>ICARE</i> ....	70
<b>BAB VI ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE .....</b>	<b>73</b>
A. ELASTISITAS.....	73
B. SIFAT ELASTISITAS BAHAN .....	74
C. GERAK HARMONIK SEDERHANA.....	79
D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS <i>ICARE</i> ....	90
<b>BAB VII FLUIDA .....</b>	<b>93</b>
A. FLUIDA STATIK .....	93
B. FLUIDA DINAMIK.....	102
C. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS <i>ICARE</i> ..	115
<b>BAB VIII SUHU DAN KALOR .....</b>	<b>118</b>
A. SUHU.....	119
B. PEMUAIAN ZAT.....	125
C. KALOR .....	128
D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS <i>ICARE</i> ..	136
<b>BAB IX OPTIK .....</b>	<b>141</b>
A. PEMANTULAN .....	141
B. PEMBIASAN CAHAYA .....	150
C. ALAT – ALAT OPTIK.....	161
D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS <i>ICARE</i> ..	185
<b>BAB X MISKONSEPSI .....</b>	<b>188</b>
A. PENDAHULUAN.....	188
B. PENGERTIAN KONSEP, KONSEPSI, DAN MISKONSEPSI .....	189
C. PENYEBAB MISKONSEPSI .....	191
D. TES MISKONSEPSI .....	194
<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>	<b>198</b>

## **TUJUAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH**

1. Mengidentifikasi indikator materi pokok fisika SMA/MA yang muat pada silabus fisika SMA/MA Semester X.
2. Mahasiswa mampu mengidentifikasi konsep-konsep esensial materi yang memuat dalam silabus fisika SMA Semester X
3. Mengembangkan bahan ajar fisika SMA Semester X sesuai indikator.
4. Mengurangi miskonsepsi mahasiswa
5. Meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa terhadap konsep-konsep fisika SMA/MA semester X.

UNIVERSITAS NEGERI  
MEDAN  
UNIMED

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY



# BAB I BAHAN AJAR

## A. PENGERTIAN BAHAN AJAR

Bahan ajar adalah perangkat pembelajaran yang berisikan bahan pembelajaran, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang didesain secara sistematis dan menarik dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan, yaitu mencapai kompetensi atau subkompetensi dengan segala kompleksitasnya (Widodo dan Jasmadi dalam Lestari, 2013). Pengertian ini menjelaskan bahwa suatu bahan ajar haruslah dirancang dan ditulis dengan kaidah intruksional karena akan digunakan oleh guru untuk membantu dan menunjang proses pembelajaran. Bahan ajar pada dasarnya adalah “isi” dari kurikulum, yakni berupa mata pelajaran atau bidang studi dengan topik/subtopik beserta rinciannya (Ruhimat, 2011).

Bahan ajar juga dikenal sebagai alat bantu pembelajaran, untuk memfasilitasi guru dalam mencapai tujuan pembelajaran yang dirumuskan oleh guru sebelum kegiatan belajar mengajar dimulai. Peran bahan belajar mengajar di kelas ini adalah untuk membuat belajar yang nyata, praktis dan menyenangkan bagi peserta didik. Guru menggunakan bahan ajar untuk menggambarkan atau memperkuat keterampilan, fakta atau ide. Bentuk penguatan dari keterampilan, fakta serta ide akan terlihat pada proses pembelajaran dan bahan ajar yang dibuat oleh guru dapat membantu guru dalam mengarahkan peserta didik mengembangkan keterampilan dan ide dalam proses pembelajaran pada pokok bahasan atau topik tertentu. Bahan pembelajaran juga membantu dalam membawa kebaruan dan kesegaran dalam mengajar di kelas sebab bahan pembelajaran yang dibuat

oleh guru dapat disesuaikan dengan perkembangan pengetahuan dan dapat disesuaikan dengan karakteristik peserta didik.

Bahan ajar digunakan untuk meningkatkan pembelajaran peserta didik di kelas. Seorang guru menggunakannya untuk membuat proses pembelajaran yang efektif. Beberapa alasan untuk menggunakan Bahan ajar di kelas adalah berbagai jenis seperti yang dijelaskan di bawah ini:

1. Memotivasi peserta didik. Membangkitkan perhatian adalah langkah pertama untuk belajar apapun. Bahan ajar dapat membantu peserta didik untuk membangkitkan perhatian (memotivasi) peserta didik untuk belajar di dalam kelas. Setelah peserta didik termotivasi untuk melihat bahan ajar, peserta penasaran untuk mempelajari hal-hal baru. Bahan ajar menyediakan berbagai rangsangan, yang membantu dalam membuat kegiatan pengajaran di kelas lebih efektif.
2. Memfasilitasi belajar sesuai dengan tujuan. Belajar memiliki tujuan yang akan dicapai melalui pengajaran di kelas dalam segala domain kognitif, afektif dan psikomotorik. Oleh karena itu, untuk mencapai tujuan bervariasi, pengalaman belajar yang bervariasi perlu disediakan, salah satu caranya adalah melalui penggunaan bahan ajar.
3. Bantuan dalam mengorganisir pengajaran di kelas. Sebagai guru Anda perlu mengatur pengalaman belajar, membuat peserta didik berfikir serealistik mungkin. Anda dapat menggunakan ajar visual atau verbal untuk menyajikan data yang akurat dengan cara berurutan terorganisir. Hal ini membantu guru dalam komunikasi visual di dalam kelas. Dengan demikian, Anda dapat menggunakan bahan ajar untuk mengatasi kekurangan dalam komunikasi verbal atau visual.
4. Memfasilitasi perubahan sikap. Bahan ajar juga membantu dalam mengubah sikap peserta didik terhadap pembelajaran secara umum dan

terhadap konten pada khususnya. Gambar, model dan bahan ajar lainnya membantu dalam penanaman sikap positif dari peserta didik.

5. Membuat belajar menyenangkan. Bahan ajar membantu dalam membuat belajar menyenangkan di kelas. Peserta didik menikmati kebaruan penanganan objek baru dan belajar konsep-konsep baru melalui kegiatan belajar mengajar.
6. Pembentukan Konsep. Bahan ajar dapat memfasilitasi pembentukan dan pencapaian konsep antara peserta didik. Mereka mengkonkretkan konsep yang abstrak; sehingga peserta didik mampu memahami materi yang mereka pelajari. Oleh karena itu, penggunaan bahan ajar dalam mengajar di kelas merupakan aspek penting dalam pembelajaran. (Thakur, 2017)

Melihat penjelasan di atas, dapat kita ketahui bahwa peran seorang guru dalam merancang ataupun menyusun bahan ajar sangatlah menentukan keberhasilan proses belajar dan pembelajaran melalui sebuah bahan ajar. Bahan ajar dapat juga diartikan sebagai segala bentuk bahan yang disusun secara sistematis yang memungkinkan siswa dapat belajar secara mandiri dan dirancang sesuai kurikulum yang berlaku. Dengan adanya bahan ajar, guru akan lebih runtut dalam mengajarkan bahan kepada peserta didik dan tercapai semua kompetensi yang telah ditentukan sebelumnya.

#### **a. Karakteristik Bahan Ajar**

Ada beragam bentuk bahan ajar, baik yang digunakan untuk sekolah maupun perguruan tinggi, contohnya buku referensi, modul ajar, buku praktikum, bahan ajar, dan buku teks pelajaran. Jenis-jenis buku tersebut tentunya digunakan untuk mempermudah peserta didik untuk memahami isi bahan ajar yang ada di dalamnya. Sesuai dengan penulisan modul yang

dikeluarkan oleh Direktorat Guruan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2003, bahan ajar memiliki beberapa karakteristik, yaitu *self instructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly* (Widodo dan Jasmadi dalam Lestari, 2013).

Pertama, *self instructional* yaitu bahan ajar dapat membuat peserta didik mampu membelajarkan diri sendiri dengan bahan ajar yang dikembangkan. Untuk memenuhi karakter *self instructional*, maka di dalam bahan ajar harus terdapat tujuan yang dirumuskan dengan jelas, baik tujuan akhir maupun tujuan antara. Selain itu, dengan bahan ajar akan memudahkan peserta didik belajar secara tuntas dengan memberikan bahan ajar yang dikemas ke dalam unit-unit atau kegiatan yang lebih spesifik.

Kedua, *self contained* yaitu seluruh bahan ajar dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu bahan ajar secara utuh. Jadi sebuah bahan ajar haruslah memuat seluruh bagian-bagiannya dalam satu buku secara utuh untuk memudahkan pembaca mempelajari bahan ajar tersebut.

Ketiga, *stand alone* (berdiri sendiri) yaitu bahan ajar yang dikembangkan tidak tergantung pada bahan ajar lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan bahan ajar lain. Artinya sebuah bahan ajar dapat digunakan sendiri tanpa bergantung dengan bahan ajar lain.

Keempat, *adaptive* yaitu bahan ajar hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Bahan ajar harus memuat bahan-bahan yang sekiranya dapat menambah pengetahuan pembaca terkait perkembangan zaman atau lebih khususnya perkembangan ilmu dan teknologi.

Kelima, *user friendly* yaitu setiap intruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk

kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan. Jadi bahan ajar selayaknya hadir untuk memudahkan pembaca untuk mendapat informasi dengan sejelas-jelasnya.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan bahan ajar yang mampu membuat peserta didik untuk belajar mandiri dan memperoleh ketuntasan dalam proses pembelajaran sebagai berikut.

1. Memberikan contoh-contoh dan ilustrasi yang menarik dalam rangka mendukung pemaparan bahan ajar.
2. Memberikan kemungkinan bagi peserta didik untuk memberikan umpan balik atau mengukur penguasaannya terhadap bahan ajar yang diberikan dengan memberikan soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya.
3. Kontekstual, yaitu bahan yang disajikan terkait dengan suasana atau konteks tugas dan lingkungan peserta didik.
4. Bahasa yang digunakan cukup sederhana karena peserta didik hanya berhadapan dengan bahan ajar ketika belajar secara mandiri.

### **b. Jenis- jenis Bahan Ajar**

Bahan ajar memiliki beragam jenis, ada yang cetak maupun noncetak. Bahan ajar cetak yang sering dijumpai antara lain berupa *handout*, *buku*, *modul*, *brosur*, dan *lembar kerja siswa*. Di bawah ini akan diuraikan penjelasan terkait jenis-jenis bahan ajar.

#### **a) Handout**

*Handout* adalah “segala sesuatu” yang diberikan kepada peserta didik ketika mengikuti kegiatan pembelajaran. Kemudian, ada juga yang mengartikan *handout* sebagai bahan tertulis yang disiapkan untuk memperkaya pengetahuan peserta didik (Prastowo dalam Lestari, 2011). Guru dapat membuat *handout* dari beberapa literatur yang memiliki relevansi dengan kompetensi dasar yang akan dicapai oleh peserta didik Saat ini

*handout* dapat diperoleh melalui *download* internet atau menyadur dari berbagai buku dan sumber lainnya.

### **b) Buku**

*Buku* sebagai bahan ajar merupakan buku yang berisi ilmu pengetahuan hasil analisis terhadap kurikulum dalam bentuk tertulis. Buku disusun dengan menggunakan bahasa sederhana, menarik, dilengkapi gambar, keterangan, isi buku, dan daftar pustaka. Buku akan sangat membantu guru dan siswa dalam mendalami ilmu pengetahuan sesuai dengan mata pelajaran masing-masing. Secara umum, buku dibedakan menjadi empat jenis (Prastowo dalam Lestari, 2011) yaitu sebagai berikut:

1. Buku sumber, yaitu buku yang dapat dijadikan rujukan, referensi, dan sumber untuk kajian ilmu tertentu, biasanya berisi suatu kajian ilmu yang lengkap.
2. Buku bacaan, yaitu buku yang hanya berfungsi untuk bahan bacaan saja, misalnya cerita, legenda, novel, dan lain sebagainya.
3. Buku pegangan, yaitu buku yang bisa dijadikan pegangan guru atau pengajar dalam melaksanakan proses pengajaran.
4. Buku bahan ajar atau buku teks, yaitu buku yang disusun untuk proses pembelajaran dan berisi bahan-bahan atau bahan pembelajaran yang akan diajarkan.

### **c) Modul**

*Modul* merupakan bahan ajar yang ditulis dengan tujuan agar siswa dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Oleh karena itu, modul harus berisi tentang petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, isi bahan pelajaran, informasi pendukung, latihan soal, petunjuk kerja, evaluasi, dan balikan terhadap evaluasi. Dengan pemberian modul, siswa dapat belajar mandiri tanpa harus dibantu oleh guru.

#### **d) Lembar Kerja Peserta Didik )**

*Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)* adalah bahan ajar yang sudah dikemas sedemikian rupa sehingga peserta didik diharapkan dapat bahan ajar tersebut secara mandiri. Dalam LKPD, peserta didik akan mendapat bahan, ringkasan, dan tugas yang berkaitan dengan bahan. Selain itu peserta didik juga dapat menemukan arahan yang terstruktur untuk memahami bahan yang diberikan dan pada saat yang bersamaan siswa diberikan bahan serta tugas yang berkaitan dengan bahan tersebut.

#### **e) Buku Ajar**

*Buku ajar* adalah sarana belajar yang bisa digunakan di sekolah-sekolah dan di perguruan tinggi untuk menunjang suatu program pengajaran dan pengertian modern dan yang umum dipahami.

#### **f) Buku Teks**

*Buku teks* juga dapat didefinisikan sebagai buku pelajaran dalam bidang studi tertentu, yang merupakan buku standar yang disusun oleh para pakar dalam bidang itu buat maksud dan tujuan-tujuan instruksional yang dilengkapi dengan sarana-sarana pengajaran yang serasi dan mudah dipahami oleh para pemakainya di sekolah-sekolah dan perguruan tinggi sehingga dapat menunjang suatu program pengajaran

Bahan ajar noncetak meliputi bahan ajar dengar (audio) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan *compact disc audio*. Bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti *video compact disc* dan film. Bahan ajar multimedia interaktif (*interactive teaching bahanal*) seperti CIA (*Computer Assisted Intruction*), *compact disc* (CD) multimedia pembelajaran interaktif, dan bahan ajar berbasis web (*web based learning bahanals*) (Lestari, 2013: 6).

### **c. Fungsi Bahan Ajar**

Secara garis besar, fungsi bahan ajar bagi guru adalah untuk mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran sekaligus

merupakan substansi kompetensi yang seharusnya diajarkan kepada siswa. Fungsi bahan ajar bagi siswa untuk menjadi pedoman dalam proses pembelajaran dan merupakan substansi kompetensi yang seharusnya dipelajari. Bahan ajar juga berfungsi sebagai alat evaluasi pencapaian hasil pembelajaran.

Bahan ajar yang baik sekurang-kurangnya mencakup petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, isi pelajaran, informasi pendukung, latihan-latihan, petunjuk kerja, evaluasi dan respon terhadap hasil evaluasi (Prastowo dalam Lestari, 2011). Karakteristik peserta didik yang berbeda berbagai latar belakangnya akan sangat terbantu dengan adanya kehadiran bahan ajar, karena dapat dipelajari sesuai dengan kemampuan yang dimiliki sekaligus sebagai alat evaluasi penguasaan hasil belajar karena setiap hasil belajar dalam bahan ajar akan selalu dilengkapi dengan sebuah evaluasi guna mengukur penguasaan kompetensi.

**Tabel 1.1 Perbedaan Bahan Ajar, Buku Ajar, dan Buku Teks**

Bahan Ajar	Buku Ajar	Buku Teks
Menimbulkan minat baca	Pengangan untuk satu matakuliah	Mengasumsikan minat dari pembaca
Dirancang dan ditulis untuk siswa	Bagian dari sarana pembelajaran	Ditulis untuk pembaca (siswa, guru, dan dosen)
Menjelaskan tujuan instruksional	Memiliki misi menghantarkan materi	Dirancang untuk dipaparkan secara luas
Disusun berdasarkan pola belajar yang fleksibel	Ditunjukkan sebagai kelengkapan pembelajaran	Belum tentu menjelaskan tujuan instruksional
Struktur berdasarkan kebutuhan siswa dan kompetensi akhir yang akan dicapai	Beorientasi pada proses transfer pengetahuan terstruktur	Disusun secara linier
Memberi kesempatan pada siswa untuk berlatih	Mencerminkan suatu sudut pandang yang tangguh mengenai pengajaran serta mendemonstrasikan aplikasi dalam bahan pengajaran yang disajikan	Struktur berdasar logika bidang ilmu
Mengakomodasi kesulitan siswa	Menyediakan suatu sumber yang tersusun yang rapid	Belum tentu memberi latihan
Memperikan rangkuman	bertahap mengenai	Tidak mengantisipasi



	keterampilan-keterampilan yang ekspresional	kesulitan belajar siswa
Gaya penulisan komunikatif dan semi formal		Belum tentu memberi rangkuman
Kepadatan berdasarkan kebutuhan peserta didik.		Gaya penulisan naratif namun tidak komunikatif
Dikemas untuk proses instruksional		Sangat padat
Mempunyai mekanisme untuk mengumpulkan umpan balik dari siswa		Tidak memiliki mekanisme untuk mengumpulkan umpan balik dari pembaca
Menjelaskan cara mempelajari bahan ajar		

## B. PENGEMBANGAN BAHAN AJAR

Kriteria pokok pemilihan bahan pembelajaran adalah standar kompetensi lulusan, standar kompetensi, dan kompetensi dasar. Hal ini berarti bahwa bahan pembelajaran yang dipilih untuk diajarkan oleh guru di satu pihak dan harus dipelajari siswa di lain pihak hendaknya berisikan bahan pembelajaran yang benar-benar menunjang tercapainya standar kompetensi dan kompetensi dasar. Dengan kata lain, pemilihan bahan pembelajaran haruslah mengacu atau merujuk pada standar kompetensi.

Setelah diketahui kriteria pemilihan bahan pembelajaran, sampailah kita pada langkah-langkah pengembangan bahan pembelajaran. Secara garis besar langkah-langkah pengembangan bahan pembelajaran meliputi:

- 1) Mengidentifikasi aspek-aspek yang terdapat dalam standar kompetensi dan kompetensi dasar yang menjadi acuan atau rujukan pengembangan bahan pembelajaran;
- 2) Mengidentifikasi jenis-jenis bahan pembelajaran;
- 3) Memilih bahan pembelajaran yang sesuai atau relevan dengan standar kompetensi dan kompetensi dasar yang telah teridentifikasi tadi; dan

- 4) Memilih sumber bahan pembelajaran dan selanjutnya mengemas bahan pembelajaran tersebut.

Langkah-langkah pengembangan bahan pembelajaran dapat dijelaskan sebagai berikut.

***a. Mengidentifikasi aspek-aspek yang terdapat dalam standar kompetensi dan kompetensi dasar***

Sebelum menentukan bahan pembelajaran terlebih dahulu perlu diidentifikasi aspek-aspek standar kompetensi dan kompetensi dasar yang harus dipelajari atau dikuasai siswa. Aspek tersebut perlu ditentukan, karena setiap aspek standar kompetensi dan kompetensi dasar memerlukan jenis bahan yang berbeda-beda dalam kegiatan pembelajaran. Perlu ditentukan apakah standar kompetensi dan kompetensi dasar yang harus dipelajari siswa termasuk aspek atau ranah:

1. Kognitif yang meliputi pengetahuan, pemahaman, aplikasi, sintesis, analisis, dan penilaian.
2. Psikomotorik yang meliputi gerak awal, semi rutin, dan rutin.
3. Afektif yang meliputi pemberian respon, apresiasi, penilaian, dan internalisasi.

Setiap aspek standar kompetensi tersebut memerlukan bahan pembelajaran atau bahan pembelajaran yang berbeda-beda untuk membantu pencapaiannya.

***b. Mengidentifikasi jenis-jenis bahan pembelajaran***

Sejalan dengan berbagai jenis aspek standar kompetensi, bahan pembelajaran juga dapat dibedakan menjadi jenis bahan aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Bahan pembelajaran aspek kognitif secara terperinci dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu: fakta, konsep, prinsip dan prosedur.

***c. Memilih jenis bahan yang sesuai atau relevan dengan standar kompetensi dan kompetensi dasar***

Pemilihan jenis bahan harus disesuaikan dengan kompetensi dasar dan standar kompetensi yang telah ditentukan. Selain itu, perlu diperhatikan pula jumlah atau ruang lingkup yang cukup memadai sehingga mempermudah siswa dalam mencapai standar kompetensi. Sebagaimana disebutkan di point B di atas, bahan yang akan diajarkan perlu diidentifikasi apakah termasuk jenis fakta, konsep, prinsip, prosedur, afektif, atau gabungan lebih daripada satu jenis bahan. Dengan mengidentifikasi jenis-jenis bahan yang akan diajarkan, maka guru akan mendapatkan kemudahan dalam cara mengajarkannya. Identifikasi jenis bahan pembelajaran juga penting untuk keperluan mengajarkannya, sebab setiap jenis bahan pembelajaran memerlukan strategi pembelajaran atau metode, media, dan sistem.

### C. PRINSIP-PRINSIP PENGEMBANGAN BAHAN AJAR

Ada sejumlah prinsip yang perlu diperhatikan dalam pengembangan bahan pembelajaran atau bahan pembelajaran. Prinsip-prinsip yang dimaksud meliputi *prinsip relevansi*, *konsistensi*, dan *kecukupan*.

Prinsip **relevansi** artinya keterkaitan. Bahan pembelajaran hendaknya relevan atau ada kaitan atau ada hubungannya dengan pencapaian standar kompetensi, kompetensi dasar dan standar isi. Sebagai contoh, jika kompetensi yang diharapkan dikuasai peserta didik berupa menghafal fakta, maka bahan pembelajaran yang diajarkan harus berupa fakta.

Prinsip **konsistensi** artinya keajegan. Jika kompetensi dasar yang harus dikuasai peserta didik satu macam, maka bahan pembelajaran yang harus diajarkan juga harus meliputi satu macam. Misalnya *Kompetensi Dasar 6.3 Mendeskripsikan keragaman pada sistem organisasi kehidupan mulai dari tingkat sel sampai organisme*, maka kompetensi yang harus dimiliki peserta didik adalah kemampuan mendeskripsikan keragaman pada sistem organisasi kehidupan mulai dari tingkat sel sampai organisme. Dalam hal ini

meliputi kemampuan melihat keragaman tingkat seluler (misalkan membedakan antara sel hewan dan tumbuhan), keragaman jaringan pada hewan dan tumbuhan (membedakan perbedaan macam jaringan yang dimiliki sel hewan dan tumbuhan), begitu juga dengan kemampuan untuk mendeskripsikan macam-macam organ pada tumbuhan dan hewan yang akan menyusun suatu organisme.

Prinsip *kecukupan* artinya bahan yang diajarkan hendaknya cukup memadai dalam membantu peserta didik menguasai kompetensi dasar yang diajarkan. Bahan tidak boleh terlalu sedikit, dan tidak boleh terlalu banyak. Jika terlalu sedikit akan kurang membantu mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar. Sebaliknya, jika terlalu banyak akan membuang-buang waktu dan tenaga yang tidak perlu untuk mempelajarinya. Dalam melakukan pengembangan bahan ajar hendaknya memnuhi prinsip-prinsip pengembangan bahan ajar. Hal ini dimaksudkan agar dapat menghindari miskonsepsi yang terjadi pada peserta didik ketika proses pembelajaran berlangsung.

## F. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS *ICARE (LKMB ICARE)*

### LKMB *ICARE* 1.1

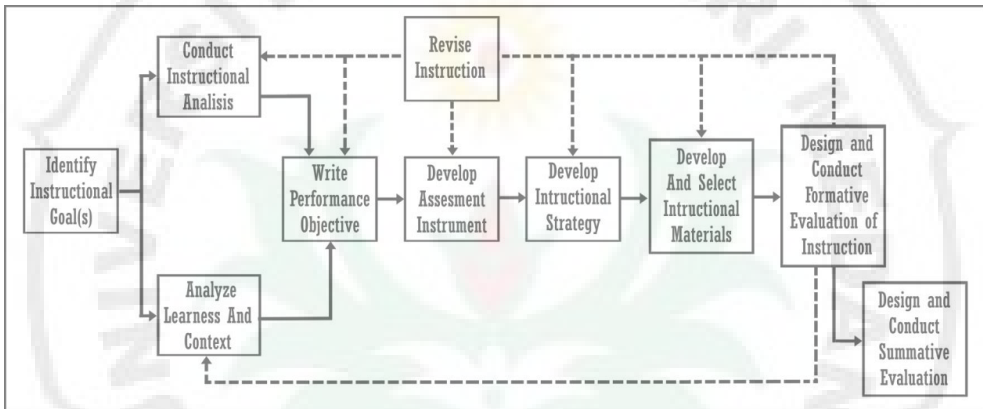
#### A. *Introduction (I)*

Setelah mengerjakan LKMB *ICARE* 1.1, mahasiswa dapat:

1. Mengidentifikasi kosep esensial pengembangan bahan ajar.
2. Menjelaskan langkah-langkah pembuatan bahan ajar.

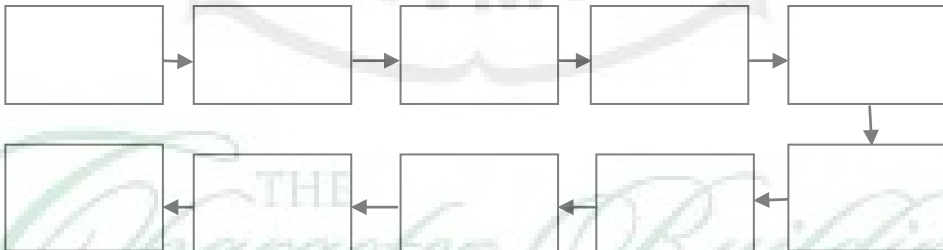
## B . Connecting (C)

Ada beberapa model pengembangan yang dapat digunakan untuk mengembangkan bahan ajar, salah satu diantaranya adalah model Dick dan Carey dengan langkah-langkah yang ditunjukkan pada gambar 1.1 berikut ini:



Gambar 1.1 Tahapan Pengembangan Desain Dick dan Carey (2009)

Berdasarkan gambar 1.1 di atas, lengkapi langkah-langkah pengembangan bahan ajar dengan cara mengisi nomor dan kalimat pada kotak-kotak kosong berikut ini:



## C. Applying (A)

Buatlah deskripsi singkat pada setiap tahapan yang akan Anda lakukan dalam pengembangan bahan ajar untuk satu materi pokok.

Bahan ajar : .....

Tahapan:

1.....  
.....  
.....  
.....

2.....  
.....  
.....

3.....  
.....  
.....

4.....  
.....  
.....

5.....  
.....  
.....

6.....  
.....  
.....

7.....  
.....  
.....

#### ***D. Reflecting (R)***

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah mempelajari pengembangan bahan ajar ini yang berkaitan dengan:

1. Hal hal yang sudah dicapai untuk mengembangkan bahan ajar.

.....  
.....  
.....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai untuk mengembangkan bahan ajar

.....  
.....  
.....

#### ***E. Extending (E)***

Anda telah memulai mengembangkan bahan ajar menggunakan model disain Dick dan Carey, cari dan pelajari 1 model pengembangan yang lain untuk mengembangkan bahan ajar untuk materi ajar berikutnya (lanjutan).

## BAB II PENGUKURAN



### A. PENGUKURAN DAN KESALAHAN PENGUKURAN

Seberapa tinggikah tubuh Anda, 150 cm, 160 cm, atau 170 cm? Bagaimana tinggi badan teman Anda, apakah terlihat lebih tinggi atau lebih pendek daripada badan Anda? Anda dapat mengetahui jawabannya dengan membandingkan tinggi badan Anda dengan teman Anda. Akan tetapi, Anda akan mengalami kesulitan dalam menentukan secara tepat seberapa besar perbedaan tinggi yang ada pada Anda dan teman Anda. Dalam menentukan besarnya perbedaan ini, Anda tentunya membutuhkan alat bantu yang dapat memberikan solusinya dengan tepat. Dalam kasus ini, secara tidak langsung Anda telah melakukan suatu proses pengukuran. Membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang telah ditetapkan sebagai standar



pengukuran disebut mengukur. Alat bantu dalam proses pengukuran disebut alat ukur.

## 1. Kesalahan Pengukuran

Hasil pengukuran yang paling teliti dapat diperoleh dengan memilih alat ukur dan cara pengukuran yang tepat. Adapun aspek-aspek pengukuran adalah ketelitian (presisi) sebagai kemampuan proses pengukuran untuk mendapatkan hasil yang sama, Kalibrasi alat adalah mencocokkan harga-harga yang tercantum pada skala alat ukur dengan harga standar, Ketepatan (akurasi) sebagai kesesuaian antara hasil pengukuran dan nilai yang sebenarnya, kepekaan (sensitivitas) sebagai kemampuan alat ukur untuk mendapatkan suatu perbedaan yang relatif kecil dari hasil pengukuran.

Kesalahan pengukuran ada dua, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan acak.

Sumber kesalahan sistematis antara lain :

- a. Kesalahan alat akibat kalibrasi yang kurang baik.
- b. Kesalahan pengamatan akibat kesalahan paralaks (kesalahan sudut pandang terhadap suatu titik ukur).
- c. Kesalahan lingkungan.
- d. Kesalahan teoritis akibat penyederhanaan sistem model atau aproksimasi persamaan.

Kesalahan acak menghasilkan hamburan data di sekitar nilai rata-rata. Kesalahan acak sering dapat dikuantisasi melalui analisis statistic, sehingga efek kesalahan acak terhadap besaran atau hukum fisika dapat ditemukan. Kesalahan acak ditemukan dari ketidak-mampuan pengamat untuk mengulangi pengukuran secara presisi. Pengukuran panjang menggunakan mistar dan jangka sorong. Mengukur massa dengan neraca, dan mengukur waktu dengan stopwatch.

## 2. Penulisan Angka Hasil Pengukuran

Apabila pengukuran besaran fisika hanya dilakukan satu kali, maka ketidakpastian pengukuran ditaksir (diperkirakan) berdasarkan skala terkecil alat ukur yang digunakan, yaitu  $\frac{1}{2}$  kali nilai skala terkecil alat ukur. Jadi hasil pengukuran ditulis, seperti :

$$X = (X_0 \pm \Delta X) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan ;

$X$  = besaran yang diukur

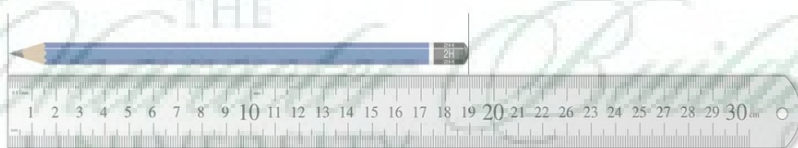
$X_0$  = nilai besaran dari pengukuran tunggal

$\Delta X$  = ketidakpastian pada pengukuran tunggal =  $\frac{1}{2}$  nilai skala terkecil

Untuk pengukuran yang dilakukan lebih dari satu kali, nilai besaran  $X_0$  dapat diperoleh melalui harga rata-rata dari seluruh pengukuran :  $X_0 = \sum \frac{x_i}{N}$

## 3. Ketidakpastian pada Pengukuran Tunggal

Pengukuran tunggal merupakan pengukuran yang hanya dilakukan sekali saja. Pada pengukuran tunggal, nilai yang dijadikan pengganti nilai benar adalah hasil pengukuran itu sendiri. Sedangkan ketidakpastiannya diperoleh dari setengah nilai skala terkecil instrumen yang digunakan. Misalnya, Anda mengukur panjang sebuah benda menggunakan mistar.



**Gambar 2.1** Panjang suatu benda yang diukur dengan menggunakan mistar.

Pada Gambar 2.1 ujung pensil sebelah kanan terlihat pada tanda 19 cm kurang sedikit. Berapa nilai lebihnya? Ingat, skala terkecil mistar adalah 1 mm. Telah disepakati bahwa ketidakpastian pada pengukuran tunggal merupakan setengah skala terkecil alat yang digunakan. Jadi, ketidakpastian pada pengukuran tersebut adalah sebagai berikut

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times 1 \text{ mm}$$

$$\Delta x = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$$

Karena nilai ketidakpastiannya memiliki dua desimal (0,05 mm), maka hasil pengukurannya pun harus Anda laporkan dalam dua desimal. Artinya, nilai  $x$  harus Anda laporkan dalam tiga angka. Angka ketiga yang Anda laporkan harus Anda taksir, tetapi taksirannya hanya boleh 0 atau 5. Karena ujung benda lebih sedikit dari 1 cm, maka nilai taksirannya adalah 5. Jadi, pengukuran benda menggunakan mistar tersebut dapat Anda laporkan sebagai berikut.

Panjang benda (pensil):

$$\begin{aligned} \Rightarrow l &= x_0 \pm \Delta x \\ &= (18,9 \pm 0,05) \text{ cm} \end{aligned}$$

Arti dari laporan pengukuran tersebut adalah Anda tidak tahu nilai  $x$  (panjang benda) yang sebenarnya. Namun, setelah dilakukan pengukuran sebanyak satu kali Anda mendapatkan nilai 18,90 cm lebih sedikit atau antara 18,85 cm sampai 18,95 cm. Secara statistik ini berarti ada jaminan 100% bahwa panjang benda terdapat pada selang 18,85 cm sampai 18,95 cm atau  $(18,85 \leq x \leq 18,95)$  cm.

#### 4. Ketidakpastian pada Pengukuran Berulang

Agar mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, Anda dapat melakukan pengukuran secara berulang. Lantas bagaimana cara melaporkan

hasil pengukuran berulang? Pada pengukuran berulang Anda akan mendapatkan hasil pengukuran sebanyak N kali. Berdasarkan analisis statistik, nilai terbaik untuk menggantikan nilai benar  $x_0$  adalah nilai rata-rata dari data yang diperoleh ( $\bar{x}_0$ ). Sedangkan untuk nilai ketidakpastiannya ( $\Delta x$ ) dapat digantikan oleh nilai simpangan baku nilai rata-rata sampel.

Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{\sum x_i}{N} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

*Keterangan:*

- $x_0$  : hasil pengukuran yang mendekati nilai benar
- $\Delta x$  : ketidakpastian pengukuran
- $N$  : banyaknya pengukuran yang dilakukan

Ketidakpastiannya ( $\Delta x$ ) pada pengukuran tunggal disebut ketidakpastian mutlak. Makin kecil ketidakpastian mutlak yang dicapai pada pengukuran tunggal, maka hasil pengukurannya pun makin mendekati kebenaran. Nilai ketidakpastian tersebut juga menentukan banyaknya angka yang boleh disertakan pada laporan hasil pengukuran. Bagaimana halnya dengan pengukuran berulang. Cara yang digunakan untuk menentukan banyaknya angka yang boleh disertakan pada pengukuran berulang adalah dengan mencari ketidakpastian relatif pengukurannya melalui persamaan berikut:

**Ketidakpastian relatif** =  $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$

Setelah mengetahui ketidakpastian relatifnya, Banyaknya angka yang boleh disertakan dalam laporan hasil pengukuran berulang dapat dilaporkan dalam pengukuran berulang adalah sebagai berikut:

- ketidakpastian relatif 10% berhak atas dua angka
- ketidakpastian relatif 1% berhak atas tiga angka
- ketidakpastian relatif 0,1% berhak atas empat angka

## 5. Alat Ukur Panjang

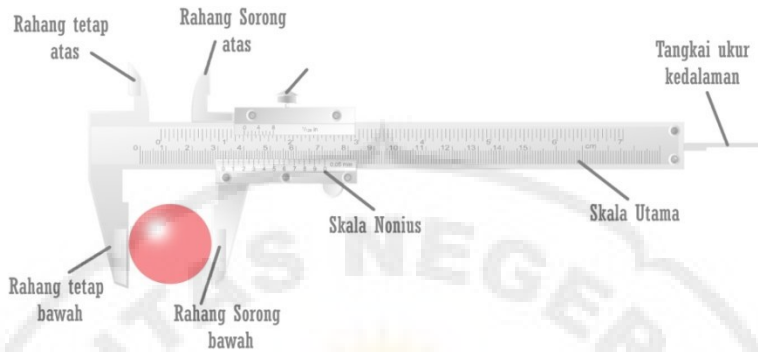
Penggaris/mistar, jangka sorong, dan mikrometer sekrup merupakan contoh alat ukur panjang. Setiap alat ukur memiliki ketelitian yang berbeda, sehingga Anda harus bisa memilih alat ukur yang tepat untuk sebuah pengukuran. Pemilihan alat ukur yang kurang tepat akan menyebabkan kesalahan pada hasil pengukuran.

### a. Mistar

Alat ukur panjang yang sering Anda gunakan adalah mistar atau penggaris. Pada umumnya, mistar memiliki skala terkecil 1 mm atau 0,1 cm. Mistar mempunyai ketelitian pengukuran 0,5 mm, yaitu sebesar setengah dari skala terkecil yang dimiliki oleh mistar.

### b. Jangka Sorong

Jangka sorong terdiri atas dua bagian, yaitu rahang tetap dan rahang geser. Skala panjang yang terdapat pada rahang tetap merupakan *skala utama*, sedangkan skala pendek yang terdapat pada rahang geser merupakan *skala nonius* atau *vernier*. Nama vernier diambilkan dari nama penemu jangka sorong, yaitu Pierre Vernier, seorang ahli teknik berkebangsaan Prancis.



**Gambar 2.2** Jangka sorong dan bagian-bagiannya

Sebelum menggunakan jangka sorong terlebih dahulu dikalibrasi dengan langkah – langkah berikut:

1. Bersihkan jangka sorong dari kotoran yang menempel,
2. Longgarkan baut pengunci jangka sorong,
3. Geser rahang caliper dan rahang geser sehingga saling berhimpit,
4. Lakukan pembacaan kalibrasi seperti berikut ini:
  - Strip Angka NOL (0) awal pada Skala Geser tepat segaris strip Angka NOL (0) pada Skala Utama.
  - Strip Angka NOL (0) akhir pada Skala Geser tepat segaris salah satu strip pada Skala Utama.
  - Alat ukur Jangka Sorong siap untuk digunakan.

Skala utama pada jangka sorong memiliki skala dalam cm dan mm. Sedangkan skala nonius pada jangka sorong memiliki panjang 9 mm dan di bagi dalam 10 skala, sehingga beda satu skala nonius dengan satu skala pada skala utama adalah 0,1 mm atau 0,01 cm. Jadi, skala terkecil pada jangka sorong adalah 0,1 mm atau 0,01 cm. Hasil pengukuran menggunakan jangka sorong berdasarkan angka pada skala utama ditambah angka pada skala nonius yang dihitung dari 0 sampai dengan garis skala nonius yang berhimpit dengan garis skala utama Jangka sorong tepat digunakan untuk mengukur

diameter luar, diameter dalam, kedalaman tabung, dan tebal, panjang benda sampai nilai 10 cm.

### Contoh pengukuran jangka sorong:

Pengukuran menggunakan jangka sorong di peroleh hasil sebagai berikut:



Hitunglah hasil pengukurannya berdasarkan gambar di atas !

Penyelesaian:

Pada skala utama menunjukkan = 5,8 cm = 58mm

Pada skala nonius menunjukkan = 5 x 0,1mm = 0,5mm

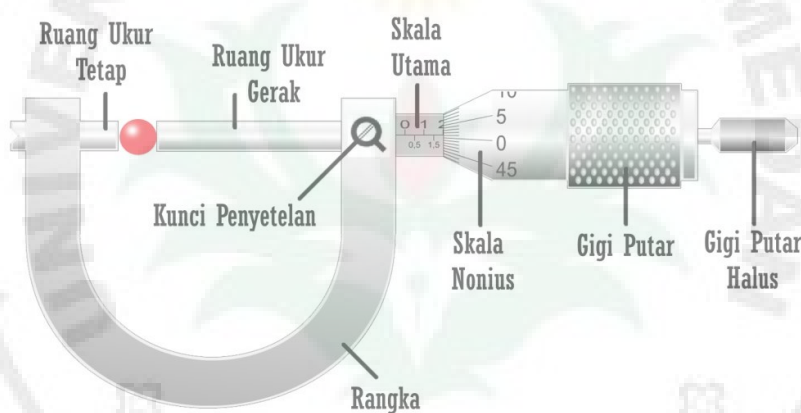
Hasil pengukuran = (58 + 0,5)mm = 58,5mm = 5,85cm

### c. Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup sering digunakan untuk mengukur tebal benda-benda tipis dan mengukur diameter benda-benda bulat yang kecil seperti tebal kertas dan diameter kawat. Mikrometer sekrup terdiri atas dua bagian, yaitu poros tetap dan poros ulir. Skala panjang yang terdapat pada poros tetap merupakan *skala utama*, sedangkan skala panjang yang terdapat pada poros ulir merupakan *skala nonius*. Skala utama mikrometer sekrup mempunyai skala dalam mm, sedangkan skala noniusnya terbagi dalam 50 bagian. Satu bagian pada skala nonius mempunyai nilai  $1/50 \times 0,5$  mm atau 0,01 mm. Jadi, mikrometer sekrup mempunyai tingkat ketelitian 0,01 mm.

Berikut tahap – tahap dalam mengkalibrasi mikrometer sekrup :

1. Pengunci dalam keadaan terbuka.
2. Angka nol pada Skala putar tepat pada sumbu skala utama.
3. Apabila angka nol pada skala putar belum tepat pada sumbu utama mengkalibrasi dengan cara memutar lubang yang ada dibagian skala utama dan pada bagian dekat rapid drive (gigi pemutar) pada mikrometer sekrup menggunakan alat pemutar.



*Gambar 2.3 Mikrometer sekrup dan bagian-bagiannya.*

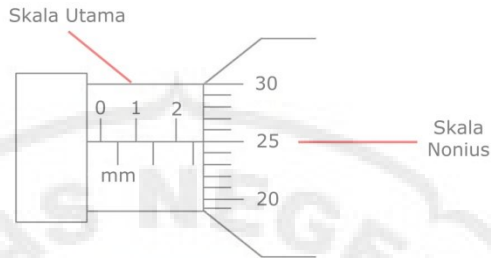
Cara membaca hasil pengukuran mikrometer sekrup :

- Catat posisi skala utama yang terbuka.
- Amati dan catat posisi skala putar yang berhimpit dengan garis horisontal pada skala utama.
- Jumlahkan hasil Pengamatan

#### Contoh Soal

1. Sebuah kertas diukur ketebalannya dengan menggunakan mikrometer sekrup dan menunjukkan skala seperti yang terlihat pada gambar. Hitunglah Tebal benda tersebut!





Penyelesaian : Skala utama + Skala nonius (berhimpit x Skala terkecil nonius)

$$2,5 \text{ mm} + (25 \times 0,01 \text{ mm})$$

$$2,5 \text{ mm} + 0,25 \text{ mm}$$

$$2,75 \text{ mm}$$

2. Hasil pengukuran dengan mikrometer sekrup pada skala utama menunjukkan angka 4,5 mm dan skala putar menunjuk angka 25. Berapakah hasil pengukurannya?

Penyelesaian:

Bagian skala utama menunjukkan = 4,5mm

Bagian skala nonius menunjukkan =  $25 \times 0,01 \text{ mm} = 0,25 \text{ mm}$

Hasil pengukuran =  $4,5 + 0,25 = 4,75 \text{ mm} = 0,475 \text{ cm}$

3. Hasil pengukuran dengan mikrometer sekrup pada skala utama menunjukkan angka 4,5 mm dan skala putar menunjuk angka 25. Berapakah hasil pengukurannya?

Penyelesaian:

Bagian skala utama menunjukkan = 4,5 mm

Bagian skala nonius menunjukkan =  $25 \times 0,01 \text{ mm} = 0,25 \text{ mm}$

Jadi Hasil pengukuran = 4,75 mm atau 0,475 cm

### Soal latihan.

1. Tuliskan pengertian pengukuran!
2. Berapakah ketelitian alat ukur panjang dibawah ini :
  - a. Mikrometer sekrup
  - b. Jangka sorong
  - c. Mistar
3. Pengukuran menggunakan jangka sorong pada skala utama menunjuk angka 33 mm dan pada skala nonius menunjuk angka 8. Berapakah hasil pengukurannya?
4. Jika hasil pengukuran kedalaman suatu tabung 9,56 cm bagaimanakah gambar dari jangka sorong tersebut?
5. Gambar berikut menampilkan hasil pengukuran mikrometer terhadap sebuah diameter bola logam kecil , maka nilai yang ditunjukkan adalah :



6. Hitunglah hasil pengukuran menggunakan mikrometer sekrup jika skala utama menunjuk angka 7,5 mm dan skala nonius menunjuk angka 18!
7. Suatu pengukuran berulang panjang sebuah benda menghasilkan data sebagai berikut: 12,5 m; 12,3 m; 12,8 m; 12,4 m; 12,9 m; dan 12,6 m. Laporkan hasil pengukuran berulang tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya!

## B. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS ICARE (LKMB ICARE)

### LKMB ICARE 1.1

#### A. Introduction (I)

**Judul Kegiatan : Pengukuran dengan Jangka Sorong**

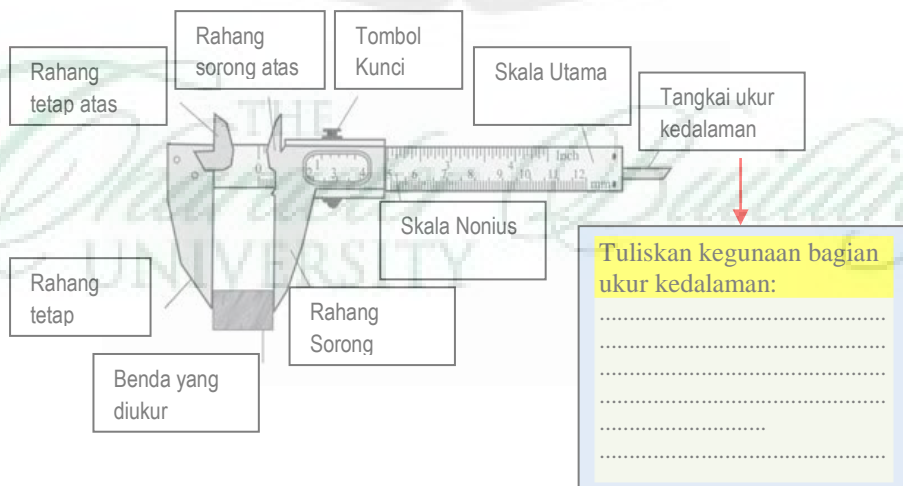
**Tujuan Pembelajaran :**

1. Mahasiswa mengenal alat ukur berupa jangka sorong.
2. Mahasiswa mampu menggunakan alat ukur jangka sorong.
3. Mahasiswa mampu melakukan penghitungan hasil pengukuran benda dengan menggunakan rumus tertentu.

#### B. Connecting (C)

Tuliskan bagian mana digunakan untuk mengukur diameter dalam dan diameter luar kaleng minuman:

.....  
.....  
.....



### C. Applying (A)

#### Alat dan Bahan :

1. Jangka sorong 1 buah
2. Spidol 1 buah
3. Botol ukuran 500ml 1 buah

#### Langkah Kerja :

1. Kalibrasikan jangka sorong dengan cara memastikan bahwa angka pada skala nonius dan skala utama berhimpit tepat di angka nol.
2. Ukurlah diameter luar dari spidol yang telah disiapkan
3. Letakkan spidol pada rahang jangka sorong.
4. Geserlah rahang geser sampai posisi spidol benar – benar tidak bergeser kembali.
5. Lihat angka yang berhimpit pada skala nonius dan skala utama
6. Gunakan rumus perhitungan untuk mengetahui ukuran diameter luar dari spidol tersebut.
7. Ukurlah kembali diameter dalam dari spidol tersebut dengan metode yang sama.
8. Lakukan pengukuran berulang sebanyak 3 kali untuk mendapatkan ketelitian dalam hasil pengukuran.

#### E. Data Hasil Pengamatan :

Data Pengulangan	Diameter Luar	Diameter Dalam	Kedalaman
Pengulangan 1			
Pengulangan 2			
Pengulangan 3			

## F. Kesimpulan:

.....

.....

.....

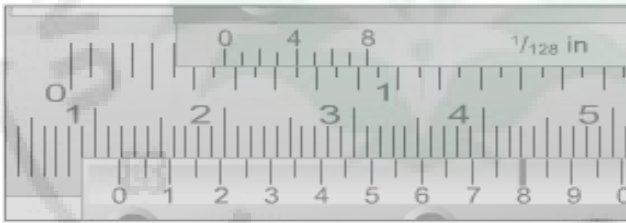
.....

.....

## G. SOAL EVALUASI

1. Ketelitian jangka sorong adalah ..... mm

2.



Skala utama (SU) = ..... cm = ..... mm

Skala Nonius (SN) = ..... mm

Ukuran benda = SU + SN = ..... mm + ..... mm = ..... mm

3.



Skala utama (SU) = ..... cm

Skala Nonius (SN) = ..... mm = ..... cm

Ukuran benda = SU + SN = ..... cm + ..... cm = ..... cm

4.



Skala utama (SU) = ..... cm

Skala Nonius (SN) = ..... mm = ..... cm

Ukuran benda = SU + SN = ..... cm + ..... cm = ..... cm

#### ***D. Reflecting (R)***

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan pengukuran dengan jangka sorong:

1. Hal hal yang sudah dicapai melalui kegiatan pengukuran dengan jangka sorong:

.....  
.....  
.....  
.....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan pengukuran

.....  
.....  
.....

#### ***E. Extending (E)***

Anda telah melakukan pengukuran menggunakan jangka sorong, lanjutkan pengukuran dengan mikrometer sekrup. Pelajari bahan ajar ini, rancanglah percobaannya dan buat laporannya.

## BAB III KINEMATIKA



### A. VEKTOR DAN SKALAR

Vektor adalah besaran fisika yang mempunyai besar (nilai) dan arah. Besaran fisika yang hanya mempunyai besar (nilai) saja dinamakan *skalar*. Besaran vektor dapat digambarkan dengan sebuah anak panah. Panjang anak panah menyatakan besar vektor dan arah anak panah menunjukkan arah vektor tersebut. Notasi (simbol) sebuah vektor dapat dituliskan dengan huruf tebal atau dengan menambahkan tanda panah di atas suatu lambang besaran vektor tersebut. Sebagai contoh, vektor kecepatan dituliskan  $\mathbf{v}$  (huruf tebal), atau  $\vec{v}$  (diberi tanda panah di atasnya).

## B. PENJUMLAHAN VEKTOR

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{a} + \mathbf{b} = \mathbf{c} \dots\dots\dots(3.1)$$

Menjumlahkan beberapa vektor dapat dilakukan dengan dua cara (metode) yaitu metode geometri, dan metode analitik.

### 1. Metode Geometri

Metode geometri dibagi atas dua cara yaitu: (1) metode segitia atau poligon, dan (2) metode jajaran genjang. Metode segitiga atau poligon adalah penjumlahan vektor dengan cara memindahkan pangkal sebuah vektor ke ujung vektor lainnya, sedangkan metode jajaran genjang adalah penjumlahan vektor dengan cara memindahkan pangkal sebuah vektor pada pangkal vektor lainnya.

### 2. Metode Analitik

Penjumlahan vektor secara analitik adalah cara memproyeksikan semua vektor yang akan dijumlahkan ke sumbu koordninat.

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan menggunakan aturan trigonometri,

$$a_x = a \cos \alpha, a_y = a \sin \alpha ; b_x = b \cos \beta, b_y = b \sin \beta$$

## C. PERUMUSAN VEKTOR RESULTAN



**Gambar 3.1** Penjumlahan dua buah vektor secara jajaran genjang



$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \theta} \dots\dots\dots(3.3)$$

**Contoh 3.1.**

Vektor a dan vektor b membentuk sudut  $60^\circ$ . Jika besar vektor b = 5 satuan dan vektor a = 4 satuan. Hitunglah besar arah vektor resultannya.

**Penyelesaian:**

a. Besar Vektor Resultan :  $c = \dots\dots\dots?$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta} = \sqrt{4^2 + 5^2 + 2 \cdot 4 \cdot 5 \cos 60^\circ} = \sqrt{61} \text{ satuan.}$$

b. Arah vektor resultan

Menurut aturan sinus

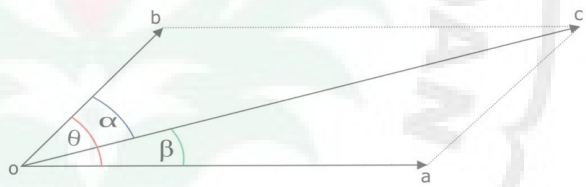
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \theta}$$

$$\frac{4}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{61}}{\sin 60^\circ}$$

$$\frac{4}{\sin \alpha} = \frac{7,8}{0,87}$$

$$\alpha = \arcsin 0,5577 = 33,9^\circ \approx 34^\circ$$

Arah vektor resultan c adalah  $34^\circ$  terhadap vektor b atau  $26^\circ$  terhadap vektor a



**D. PERKALIAN VEKTOR**

$$\mathbf{a \cdot b} = ab \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

$\theta$  = sudut yang dibentuk antara vektor a dan vektor b.

$a$  = besar (magnitudo) vektor  $\mathbf{a}$ .

$b$  = besar (magnitudo) vektor  $\mathbf{b}$

### Contoh 3.2.

Dua vektor  $\mathbf{a} = 2\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 4\mathbf{k}$ , dan  $\mathbf{b} = \mathbf{i} - 2\mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ . Hitunglah: (a)  $\mathbf{a} + \mathbf{b}$ , (b)  $\mathbf{a} - \mathbf{b}$ , (c)  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ , (d) magnitudo vektor  $\mathbf{a} + \mathbf{b}$ , (e) magnitudo vektor  $\mathbf{a} - \mathbf{b}$ , dan (f) magnitudo  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$

#### Penyelesaian:

$$(a) \mathbf{a} + \mathbf{b} = (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 4\mathbf{k}) + (\mathbf{i} - 2\mathbf{j} + 3\mathbf{k}) = 3\mathbf{i} + \mathbf{j} + 7\mathbf{k}$$

$$(b) \mathbf{a} - \mathbf{b} = (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 4\mathbf{k}) - (\mathbf{i} - 2\mathbf{j} + 3\mathbf{k}) = \mathbf{i} + 5\mathbf{j} + \mathbf{k}$$

$$(c) \mathbf{a} \times \mathbf{b} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 2 & 3 & 4 \\ 1 & -2 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ -2 & 3 \end{vmatrix} \mathbf{i} - \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} \mathbf{j} + \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 1 & -2 \end{vmatrix} \mathbf{k}$$

$$= 17\mathbf{i} - 2\mathbf{j} - 7\mathbf{k}.$$

$$(d) |\mathbf{a} + \mathbf{b}| = \sqrt{3^2 + 1^2 + 7^2} = \sqrt{59} = 7,68$$

$$(e) |\mathbf{a} - \mathbf{b}| = \sqrt{1^2 + 5^2 + 1^2} = \sqrt{27} = 5,2$$

$$f. |\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = \sqrt{17^2 + (-2)^2 + (-7)^2} = \sqrt{342} = 18,49$$

## E. KINEMATIKA DALAM SATU DIMENSI

Dalam BAB ini akan dibahas mengenai kinematika. Kita mulai dengan membahas benda yang bergerak tanpa rotasi (berputar). Benda yang bergerak tanpa berotasi dinamakan *gerak translasi*. Secara matematika sebuah partikel diperlakukan sebagai titik, benda tanpa ukuran sehingga rotasi dan vibrasi tidak perlu diperhitungkan.

## F. JARAK DAN PERPINDAHAN

Jarak adalah panjang lintasan sesungguhnya yang ditempuh oleh suatu benda dalam waktu tertentu. Jarak adalah *skalar*. Perpindahan adalah perubahan kedudukan suatu benda karena adanya perubahan waktu. Perpindahan hanya bergantung pada kedudukan awal dan kedudukan akhir suatu benda dan tidak bergantung pada jalan mana yang ditempuh oleh benda. Perpindahan adalah *vektor*. Secara matematis, perpindahan dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta x = x_{akhir} - x_{awal} \dots \dots \dots (3.8)$$

## G. LAJU DAN KECEPATAN RATA-RATA

Laju menyatakan seberapa jauh sebuah benda bergerak dalam suatu selang waktu tertentu. Secara umum *laju rata-rata* didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh sepanjang lintasannya dibagi waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut. Jarak yang ditempuh dalam hal ini disebut juga *jarak total*, dan waktu tempuh disebut *waktu total*. Secara matematis laju dirumuskan sebagai berikut:

$$V_r = \frac{\sum x}{\sum t} \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

$v$  = laju rata-rata (m/s)

$\sum x$  = jarak tempuh total (m)

$\sum t$  = waktu untuk menempuh jarak tersebut (s)

Kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) antara perpindahan dengan selang waktu. Istilah kecepatan dan laju sering dipertukarkan dalam kehidupan sehari-hari. Tetapi dalam fisika kita

membuat perbedaan antara laju dan kecepatan. Laju adalah besaran positif (*skalar*), sedangkan kecepatan *vektor* (mempunyai nilai dan arah). Secara matematis, kecepatan rata-rata dirumuskan:

$$v_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan:

$v_r$  = kecepatan rata-rata (m/s)

$\Delta x$  = perpindahan (m)

$\Delta t$  = selang waktu (s)

## H. KECEPATAN SESAAT

Kecepatan sesaat pada saat tertentu adalah kemiringan garis yang menyinggung kurva  $x$  terhadap  $t$  pada saat itu. Secara matematis dirumuskan:

$$v_s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots(3.11)$$

Kemiringan garis yang menyinggung kurva  $x$  terhadap  $t$  dapat positif ( $x$  bertambah) atau negatif (berkurang); dengan demikian, dalam gerakan satu dimensi, kecepatan sesaat mungkin bernilai positif atau negatif. Besarnya kecepatan sesaat dinamakan *laju sesaat*, disebut juga laju saja ( $v_s$ ) tanpa ada tanda vektor. Perubahan kecepatan dibagi selang waktu dinamakan *percepatan rata-rata*. Secara matematis percepatan rata-rata dirumuskan:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan:

$a_r$  = percepatan rata-rata ( $m/s^2$ )

$\Delta v$  = perubahan kecepatan ( $m/s$ )

$\Delta t$  = selang waktu (s).

## I. GERAK LURUS

Benda dikatakan bergerak lurus apabila lintasan gerakan benda tersebut merupakan garis lurus. Bila suatu benda bergerak dengan lintasan lurus serta kecepatannya tetap dinamakan *gerak lurus beraturan (GLB)*, dan bila suatu benda bergerak dengan lintasan lurus serta percepatannya tetap dinamakan *gerak lurus berubah beraturan (GLBB)*.

$$\text{Perpindahan} = \Delta x = \int_{t_1}^{t_3} v(t) dt \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\text{Jarak} = x = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt - \int_{t_2}^{t_3} v(dt) \dots\dots\dots(3.14)$$

## J. GERAK JATUH BEBAS

Gerak jatuh bebas adalah gerak vertikal ke bawah dengan kecepatan awal sama dengan nol ( $v_0=0$ ). Rumus-rumus gerak jatuh bebas:

$$v = g \cdot t \dots\dots\dots(3.15)$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \dots\dots\dots(3.16)$$

$$v = \sqrt{2g y} \dots\dots\dots(3.17)$$

### Contoh 3.3

Bola jatuh bebas dari ketinggian 40 m. Berapakah waktu yang dibutuhkan bola untuk mencapai tanah?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$y = -10m$$

$$g = -9,8m/s^2$$

Ditanya:

$$t = \dots\dots\dots?$$

Jawab:

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot -40m}{-9,8m/s^2}} = 2,86s$$

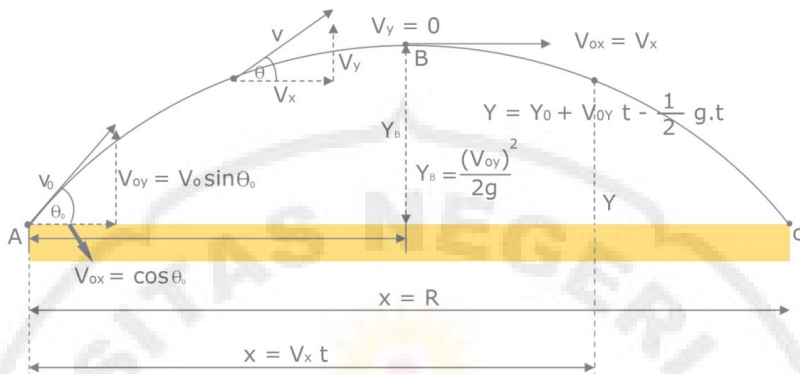
## K. GERAK PELURU

Gerak peluru merupakan hasil perpaduan gerak lurus beraturan (GLB) dengan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Persamaan-persamaan gerak peluru dapat dituliskan:

$$v_y = g t \dots\dots\dots(3.18)$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \dots\dots\dots(3.19)$$

$$v_y = \sqrt{2gy} \dots\dots\dots(3.20)$$



**Gambar 3.2** Sebuah peluru ditembakkan ke udara dengan sudut elevasi  $\theta$  dengan sumbu  $x$  positif.

**1. Peluru berada pada titik tertinggi**

$$t_{\max} = \frac{v_o \sin \theta}{g} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$y_{\max} = \frac{v_o^2 \sin^2 \theta}{2g} \dots\dots\dots(3.22)$$

**2. Peluru mencapai titik terjauh:**

$$x_{\max} = R = \frac{v_o^2 \sin 2\theta}{g} \dots\dots\dots(3.23)$$

**3. Peluru berada pada titik sembarang**

Besar Kecepatan peluru pada titik sembarang:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \dots\dots\dots(3.24)$$

Arah kecepatannya :  $\text{tg } \theta = \frac{v_y}{v_x} \dots\dots\dots(3.25)$

**Contoh 3.4.**

Seorang pemain pengganti mengendarai sebuah motor yang melaju melompat dari atas sebuah tebing dengan tinggi 50,0 m. Seberapa cepat

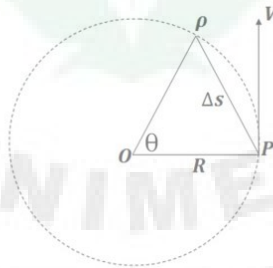
motor tersebut harus meninggalkan puncak tebing jika harus mendarat di daratan rata di bawahnya, yang berjarak 90,0 m dari kaki tebing.

**Penyelesaian:**  $y = \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow t = \sqrt{2 \cdot -y / -g} = \sqrt{\frac{2x - 50m}{-9,8 \frac{m}{s^2}}} = \sqrt{10,20 s^2}$   
 $= 3,19 s$ .

$$R = v_{0x} \cdot t \rightarrow v_{0x} = \frac{R}{t} = \frac{90m}{3,19s} = 28,2m/s$$

## L. GERAK MELINGKAR

Gerak melingkar ialah suatu gerak titik bahan yang lintasannya merupakan lingkaran. Bila laju benda (titik bahan) yang bergerak melingkar tetap, disebut gerak melingkar beraturan. Jadi gerak melingkar beraturan adalah gerak titik bahan (benda) yang lintasannya berbentuk lingkaran dengan laju konstan. Untuk pembahasan lebih lanjut, mari kita tinjau sebuah benda kecil (titik bahan melintasi sebuah lingkaran berjari-jari R).



**Gambar 3.3** Lintasan titik bahan sepanjang lingkaran dengan laju konstan

Arahnya selalu menuju pusat lingkaran, yang selanjutnya dinamakan percepatan sentripetal atau percepatan radial ( $a_R$ ), dan dituliskan sebagai berikut:

$$a_R = \frac{v^2}{R} \dots \dots \dots (3.26)$$

Keterangan:

- $a_R$  = percepatan sentripetal/radial ( $m/s^2$ )
- $v$  = kecepatan singgung/tangensial ( $m/s$ )
- $R$  = jari-jari lingkaran ( $m$ )



## M. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS *ICARE (LKMB ICARE)*

### LKMB *ICARE* 3.1

#### A. *Introduction (I)*

Tujuan Pembelajaran:

1. Mengetahui cara mengukur kecepatan rata-rata
2. Mengetahui cara mengukur kecepatan dan percepatan
3. Menganalisis besaran-besaran kinematis pada benda yang bergerak

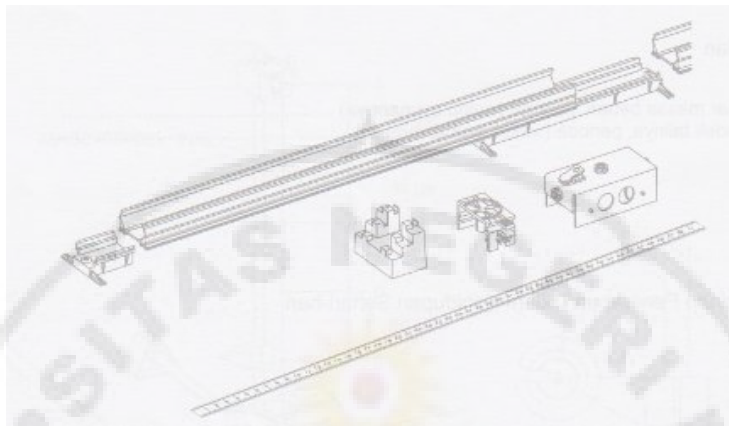
#### B. *Connecting (C)*

Benda dikatakan bergerak lurus apabila lintasan gerakan benda tersebut merupakan garis lurus. Bila suatu benda bergerak dengan lintasan lurus serta kecepatannya tetap dinamakan *gerak lurus beraturan (GLB)*, dan bila suatu benda bergerak dengan lintasan lurus serta percepatannya tetap dinamakan *gerak lurus berubah beraturan (GLBB)*.

#### C. *Applying (A)*

#### Alat dan bahan

NO	ALAT/BAHAN	JUMLAH
1.	Penggaris logam	1
2.	Rel presisi	2
3.	Penyambung rel	1
4.	Kaki rel	1
5.	Meja optik	1
6.	Kereta dinamika	1
7.	Balok bertingkat	1
8.	Jam henti	1
9.	Tumpakan berpenjepit	1



**Gambar 3.4** Kit kinematika

**Prosedur Percobaan**

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Mengukur beban dengan menggunakan neraca Ohaus
3. Mengukur ketinggian hingga 2 meter dengan menggunakan penggaris dan memberi tanda dengan spidol
4. Menjatuhkan beban dari ketinggian 2 meter dan menghitung waktu yang dibutuhkan beban untuk sampai ke dasar
5. Mengulangi prosedur ke-4 sebanyak tiga kali untuk mendapatkan keakuratan data
6. Memasukkan data percobaan kedalam data percobaan

**Tabel Percobaan**

Percobaan ke-	t (waktu)	$\bar{t}$ (waktu rata-rata)
1.		
2.		
3.		

**Tugas:**

1. Dari percobaan yang telah dilakukan, buktikan waktu yang dibutuhkan dalam gerak jatuh bebas dengan waktu yang menggunakan persamaan gerak jatuh bebas!
2. Buktikan hukum kekekalan energi dengan meninjau posisi benda!
3. Buatlah kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan!

**D. Reflecting (R)**

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan percobaan GLB dan GLBB

1. Hal hal yang sudah dicapai pada kegiatan percobaan GLB dan GLBB:

.....  
.....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan GLB dan GLBB

.....  
.....  
.....

**E. Extending (E)**

Anda telah melakukan percobaan GLB dan GLBB, lanjutkan percobaan dengan GMB dan GMBB. Pelajari bahan ajar ini, rancanglah percobaannya dan buat laporannya.

## BAB IV DINAMIKA



### A. KONSEP GAYA

Dinamika adalah cabang mekanika yang mempelajari gerak benda/partikel dengan konsep ruang dan waktu dengan memperlihatkan penyebab gerakan benda/partikel tersebut. Untuk menggerakkan atau memberhentikan suatu benda diperlukan gaya.

Gaya secara intuisi, didefinisikan sebagai dorongan atau tarikan terhadap suatu benda. Dalam kehidupan sehari-hari penerapan konsep tersebut antara lain seperti mendorong mobil yang sedang mogok, memukul paku dengan martil, batu jatuh karena gaya gravitasi, dan lain sebagainya. Gaya tidak selalu menyebabkan gerak. Misalnya, mendorong tembok dengan sekuat tenaga, namun tembok yang didorong tetap tidak bergerak. Gaya merupakan besaran vektor. Alat untuk mengukur besar (kekuatan) gaya adalah neraca pegas.

## B. HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

### a. Hukum I Newton

Hukum I Newton menyatakan bahwa setiap benda tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak dengan laju tetap sepanjang garis lurus, kecuali jika diberi gaya total ( $\sum F$ ) yang tidak nol. Secara matematis dirumuskan :

$$\Sigma F = 0 \begin{cases} \text{Diam ; } V = 0 \\ \dots\dots\dots(4.1) \\ \text{GLB ; } a = 0 \end{cases}$$

Kecenderungan sebuah benda untuk mempertahankan keadaan diam atau gerak tetapnya pada garis lurus disebut inersia. Dengan demikian, hukum I Newton disebut juga Hukum Inersia atau Hukum Kelembaman artinya benda yang diam ingin diam terus dan benda yang sedang bergerak ingin bergerak terus.

### b. Hukum II Newton

Berdasarkan pengalaman kita tahu, bahwa suatu benda dalam keadaan diam tidak akan bergerak dengan sendirinya, haruslah dikerjakan oleh benda lain melalui suatu *desakan* atau *tarikan*. Untuk mempercepat dan memperlambat gerak sebuah benda maka diperlukan *gaya*. Pada peristiwa-peristiwa inipun dapat kita simpulkan bahwa gaya itu diperlukan karena benda itu mempunyai *kelembaman*.

Setiap gaya adalah vektor yang memiliki besar dan arah. Hukum kedua Newton dapat dinyatakan sebagai berikut:

*Percepatan sebuah benda sebanding dengan resultant gaya yang bekerja pada benda tersebut, berbanding terbalik dengan massa benda dan arahnya sama dengan arah resultan gaya.*

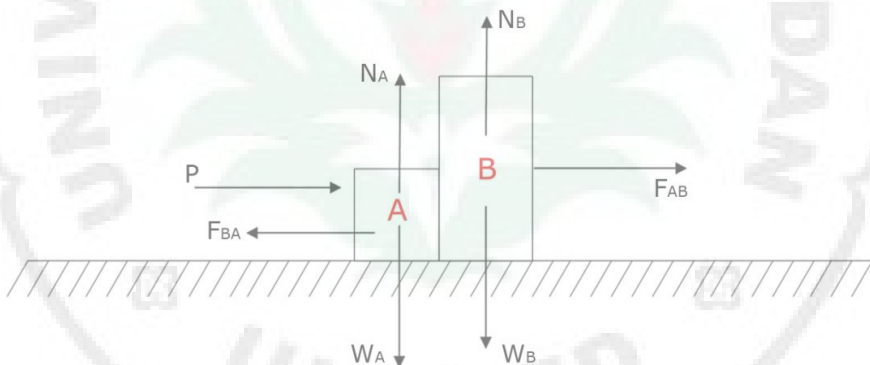
c. Hukum III Newton

Secara matematis dituliskan :

*Bahwa ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut memberikan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah terhadap benda yang pertama.*

$$\sum F_{\text{Aksi}} = - \sum F_{\text{Reaksi}} \dots\dots\dots (4.2)$$

Aksi dan reaksi dari Gaya yang bekerja dapat terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gaya aksi dan reaksi pada sistem benda

**C. APLIKASI HUKUM NEWTON**

Sebuah balok dengan massa  $m$ , ditarik dengan gaya  $F$  (bidang licin), maka gaya gesekan kinetik tidak bekerja, sehingga benda bergerak dengan kecepatan konstan sesuai dengan Hukum pertama Newton (Gambar a). Gambar (b), sebuah benda bergerak sepanjang permukaan yang kasar, gaya gesekan kinetik ( $f_k$ ) bekerja dengan berlawanan arah terhadap kecepatan benda. Besar gaya gesekan kinetik bergantung pada jenis kedua permukaan yang bersentuhan.

Untuk permukaan tertentu, eksperimen menunjukkan bahwa gaya gesekan kira-kira sebanding dengan gaya normal antara kedua permukaan, yang merupakan gaya yang diberikan benda-benda tersebut satu sama lain, dan tegak lurus terhadap permukaan sentuhnya.

Kita dapat menuliskannya perbandingannya sebagai persamaan dengan memasukkan konstanta pembanding  $\mu_k$ .

$$F_k = \mu_k F_N \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan:

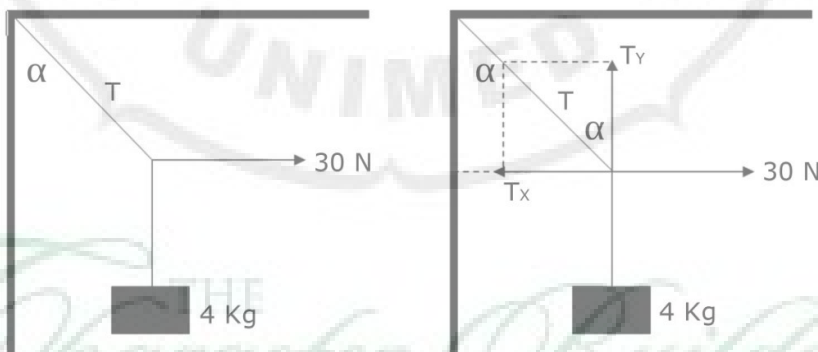
$\mu_k$  = koefisien kinetik

$F_k$  = Gaya gesekan kinetik

$F_N$  = gaya normal

**Contoh 4.1**

Gaya-gaya yang bekerja pada benda dalam keadaan setimbang  $g = 10 \text{ m/s}^2$  seperti yang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini. Tentukan tegangan tali T dan  $\sin \alpha$



$$\Sigma \vec{F}_x = 0$$

$$\Sigma \vec{F}_y = 0$$

$$(1) = (2) \rightarrow 30/\sin\alpha = 40/\cos\alpha$$

$$T_x = 30 \rightarrow T \sin\alpha = 30$$

$$T = 40/\cos\alpha \dots(2)$$

$$\text{tg } \alpha = 3/4$$

$$T = 30/\sin \alpha \dots(1)$$

$$\sin \alpha = 3/5(\text{pitagoras})$$

$$\rightarrow T = 30\text{N} \times 3/5 = 50 \text{ N.}$$

### Contoh 4.2

Perhatikan gambar katrol di sebelah kanan, masing-masing massa beban  $m_1 = 2 \text{ kg}$  dan  $m_2 = 6 \text{ kg}$ .

Berapakah percepatan benda? Massa tali, massa katrol dan gesekan katrol dengan tali diabaikan.

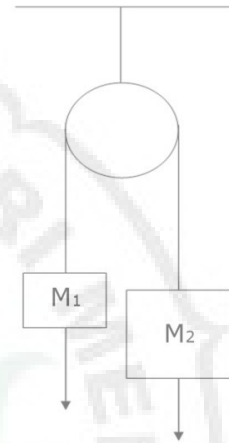
#### Penyelesaian:

Anggap gerakan benda searah dengan arah jarum jam

$$\sum F = ma \quad \text{Percepatan gravitasi } (g) = 10 \text{ m/s}^2$$

$$w_2 - w_1 = ma$$

$$60 \text{ N} - 20 \text{ N} = (2 + 6) a \quad 40 \text{ N} = 8 a \quad \longrightarrow \quad a = 5 \text{ m/s}^2$$

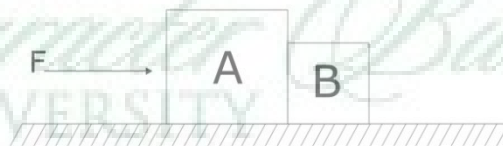


### Soal-soal Latihan

1. Dua buah benda berbentuk balok terletak di atas lantai horizontal seperti gambar a. Koefisien gesekan antara balok dan lantai adalah 0,5. Balok A bermassa  $2m$ , dan balok B bermassa  $m$ . Kedua balok tersebut didorong dengan suatu gaya  $F$ . Bila diketahui dalam waktu 10 sekon laju kedua balok ini mencapai  $20 \text{ m/s}$ , tentukan:

(a) Besar  $F$ .

(b) Besar gaya yang digunakan untuk mendorong balok B ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



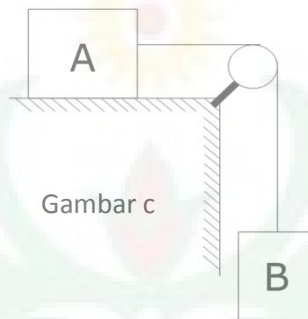
Gambar a.



2. Dua buah benda dihubungkan dengan sebuah tali lihat gambar b di bawah ini. Koefesien gesekan antara balok dan meja 0,2. Massa benda A adalah 25 kg dan massa benda B adalah 25 kg.

(a) Berapa jauhkah balok B akan jatuh dalam 4 sekon pertama setelah sistem dilepas?

(b) Berapa tegangan talinya?



#### D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS *ICARE (LKMB ICARE)*

##### LKMB *ICARE* 4.1

##### A. Introduction (I)

**JUDUL** : Menyelidik hukum I, II, DAN III Newton

**TUJUAN** : Melalui kegiatan penyelidikan mahasiswa dapat menjelaskan konsep hukum I, II, dan III Newton dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

##### B. Connecting (C)

*Hukum I Newton menyatakan bahwa setiap benda tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak dengan laju tetap sepanjang garis lurus, kecuali jika diberi gaya total tidak sama dengan nol.*

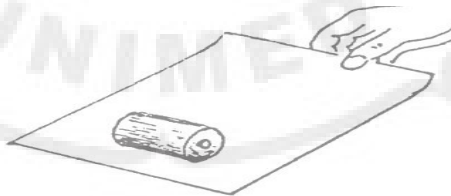
**Hukum II Newton menyatakan** Percepatan sebuah benda sebanding dengan resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut, berbanding terbalik dengan massa benda dan arahnya sama dengan arah resultan gaya.

**Hukum III Newton menyatakan** bahwa ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut memberikan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah terhadap benda yang pertama.

### C. Applying (A)

#### PETUNJUK I

1. Letakkan sebuah batu baterai di atas kertas dengan alas mejamu seperti gambar 1.



Gambar 1

2. Baca ketiga permasalahan berikut ini dan diskusikan dalam kelompoknya masing-masing:
  - 1) Apa yang terjadi pada baterai jika salah satu ujung kertas secara perlahan-lahan?
  - 2) Apa yang terjadi pada baterai jika salah satu ujung kertas disentak mendadak?

- 3) Apa yang terjadi pada baterai jika salah satu ujung kertas di tarik perlahan-lahan kemudian tarikan mendadak lalu tarikan dihentikan ?

3. Tuliskan rumuskan hipotesis dari pertanyaan bagian 1, 2, dan 3 di atas:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Lakukan pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis

Lakukan percobaan

- a). Tuliskan alat dan bahan yang di butuhkan
- b). Tuliskan prosedur penyelidikannya
- c). Tuliskan data pengamatan

5. Pembahasan

Dalam pembahasan diwajibkan membandingkan hasil percobaan dan dengan data/per- hitungan teoritis. Kalau memungkinkan bandingkan dengan hasil-hasil penelitian

6. Simpulan

Simpulan dibuat singkat, padat, dan berkaitan dengan tujuan pembelajaran.

7. Daftar Pustaka

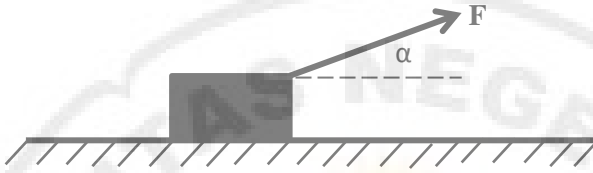
Tuliskan buku/jurnal/laporan penelitian/situs internet yang digunakan untuk keperluan pembuatan laporan mini riset.

8. Lampiran-lampiran

Sertakan lampiran-lampiran berupa data pengamatan, foto-foto, dan lain-lain.

## PETUNJUK II

1. Perhatikan arah gaya  $F$  yang sebuah benda berbentuk balok bermassa  $m$  berada pada sebuah bidang datar seperti pada gambar 1



2. Baca permasalahan berikut ini dan diskusikan dalam kelompoknya masing-masing:
  - (a) Adakah hubungan arah gaya dengan bidang datar ( $\alpha$ ) dengan besar gaya minimal untuk memindahkan benda dari posisi awal ke posisi lain?
  - (b) Adakah pengaruh massa benda dan gaya yang bekerja pada balok terhadap percepatan benda?
  - (c) Faktor faktor apa saja yang mempengaruhi percepatan benda?
  - (d) (Dari gambar 2 faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi percepatan benda?
3. Lakukan kegiatan 3 s/d 8 sama seperti yang tertulis pada petunjuk I di atas.

## PETUNJUK III:

1. Rangkaikan 2 buah neraca pegas sehingga saling berkaitan pada satu garis lurus, usahakan agar gesekan sekecil mungkin dengan meja seperti pada Gambar 3.



Gambar 3

2. Baca permasalahan berikut ini dan diskusikan dalam kelompoknya masing-masing:
- Jika kedua neraca pegas ditarik secara pelan sejauh  $x$  ke arah kiri dan kanan. Apakah besar gaya yang ditunjukkan oleh kedua neraca pegas sama?
  - Bagaimana jika salah satu pegas saja yang ditarik secara pelan sejauh  $x$ , apakah besar gaya yang ditunjukkan oleh kedua pegas sama atau berbeda?
  - Lakukan kegiatan 3 s/d 8 sama seperti yang tertulis pada petunjuk I di atas.

#### PETUNJUK IV

1. Perhatikan gambar 4 dan baca teks yang terdapat di bawah gambar . Selanjutnya diskusikan dengan anggota kelompoknya pertanyaan yang terdapat dalam teks, jawabannya dituliskan pada bagian perumusan hipotesis!



Gambar 4

Pada perayaan hari kemerdekaan Indonesia diadakan perlombaan mendayung. Budi dan Edo menjadi salah satu peserta perlombaan ini. Mereka menginginkan menang dalam perlombaan mendayung ini.

- Bagaimana teknik yang harus dilakukan Budi dan Edo agar cepat mencapai finish dan tidak terlalu kelelahan saat mendayung?
- Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kecepatan sampan?
- Berlakukah hukum I, II, dan III newton pada perlombaan tersebut?

***D. Reflecting (R)***

1. Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan percobaan hukum I, II, dan III Newton :

.....  
.....  
.....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan hukum I, II, dan III Newton

.....  
.....  
.....  
.....

***E. Extending (E)***

Anda telah melakukan kegiatan percobaan hukum I, II, dan III Newton, lanjutkan dengan percobaan lainnya yang berhubungan dengan dinamika, rancanglah percobaannya dan buat laporannya.

## BAB V USAHA DAN ENERGI



**Gambar 5.1** Seorang pemanah saat akan melepaskan anak panah

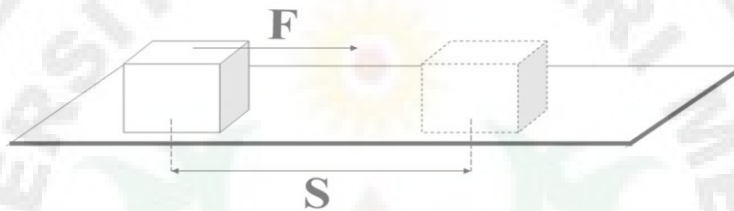
Pernahkah kamu mengamati orang yang sedang memanah? Mengapa anak panah yang dilepaskan dapat melesat jauh hingga mencapai sasaran? Anak panah dapat mencapai sasaran karena mendapat energi dari pemanah. Sebelum melepaskan anak panah, seorang pemanah harus merentangkan busurnya terlebih dahulu. Busur yang terentang memiliki energi potensial. Ketika anak panah dilepaskan, energi potensial tersebut berubah menjadi energi kinetik yang digunakan anak panah untuk bergerak. Untuk mempelajari lebih lanjut tentang energi dan perubahannya, mari kita pelajari konsep tentang usaha, energi berikut!

### A. PENGERTIAN USAHA

Kata “usaha” dalam fisika memiliki arti khusus jika dibandingkan dengan kata usaha dalam kehidupan sehari-hari. Tetapi dalam fisika, usaha diberi arti yang spesifik untuk mendeskripsikan apa yang dihasilkan oleh gaya ketika ia bekerja pada benda sementara benda tersebut bergerak dalam

jarak tertentu. Lebih spesifik lagi, usaha yang dilakukan pada sebuah benda oleh gaya yang konstan (konstan dalam hal besar dan arah) diartikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga benda itu mengalami perpindahan.

$$W = F_s \cdot S \dots\dots\dots(5.1)$$

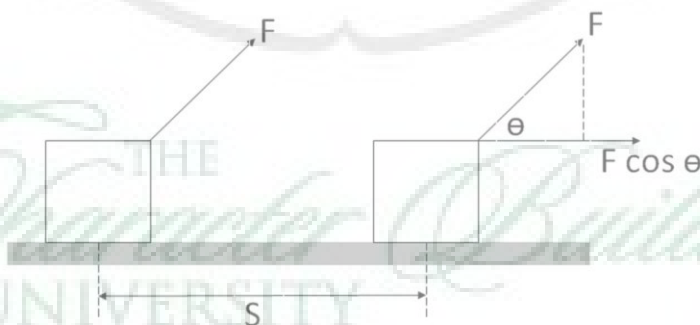


**Gambar 5.1** Gaya  $F$  yang searah dengan Perpindahan

Dengan:

- $W$  = usaha yang dilakukan oleh benda (J)
- $F_s$  = gaya yang searah dengan perpindahan (N)
- $s$  = perpindahan benda (m)

**B. USAHA OLEH GAYA (F)**



**Gambar 5.2** Gaya ( $F$ ) membentuk sudut ( $\theta$ )

Apabila sebuah benda mempunyai massa  $m$  terletak di atas bidang gatar licin, pada benda bekerja gaya  $F$  dengan membentuk sudut  $\theta$  terhadap



horizontal, sehingga benda berpindah sejauh  $s$ , maka besar usaha yang dilakukan oleh gaya adalah

$W = F \cdot s \cos \theta$  gaya  $F$  yang bekerja horizontal ( $\theta = 0$ ), maka persamaan (5.2) dapat ditulis

$$\begin{aligned} W &= F \cdot s \cos 0 = Fs \cdot 1 \\ W &= F \times s = m \cdot a \times s \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

Apabila gaya  $F$  yang bekerja tegak lurus terhadap arah perpindahan ( $\theta = 90$ ), maka persamaan (5.2) dapat ditulis :

$$W = F \cdot s \cos 90 = 0 \quad \dots\dots\dots(5.4)$$

Persamaan (5.4) menyatakan, bahwa gaya  $F$  tidak melakukan usaha.

### Contoh 5.1

Gaya 5 N bekerja pada sebuah benda bermassa 3 kg yang berada di atas bidang datar licin, apabila gaya membentuk sudut  $60^0$  terhadap arah perpindahan dan benda berpindah sejauh 10 m, tentukan besar usaha yang dilakukan oleh gaya.

Jawab:

Diketahui:  $F = 5 \text{ N}$

$m = 3 \text{ kg}$

$\theta = 60^\circ$

$s = 10 \text{ m}$

Ditanya:  $W \dots ?$

Penyelesaian :

$$W = F \cdot s \cos \theta$$

$$W = 5 \cdot 10 \cos 60^\circ$$

$$W = 50 \cdot 0,5$$

$$= 25J$$

### C. USAHA OLEH GAYA GESEKAN

Perhatikan gambar (5.1), besar gaya normal dipengaruhi oleh komponen gaya yang bekerja, secara matematis dapat ditulis :

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ N + F \sin \theta - W &= 0 \\ N &= W - F \sin \theta \dots \dots \dots (5.5) \end{aligned}$$

Apabila bidang datar kasar dengan koefisien gesekan  $\mu$ , maka besar gaya gesekan adalah

$$f = \mu N = \mu \{W - F \sin \theta\} \dots \dots \dots (5.6)$$

Dan besar usaha gaya gesekan adalah

$$W_g = -fs \dots \dots \dots (5.7)$$

Tanda minus (-) pada persamaan (5.7) menyatakan arah gaya gesekan berlawanan dengan arah gaya yang bekerja. Apabila persamaan (5.6) disubstitusi ke persamaan (5.7), maka diperoleh besar usaha akibat gaya gesekan sebagai berikut.

$$W_g = -\mu \{W - F \sin \theta\} s \dots \dots \dots (5.8)$$

Dimana besar usaha yang dilakukan gaya yang bekerja adalah  $W = F \cdot s \cos \theta$ , maka besar usaha total yang dialami oleh benda adalah

$$W_T = W + W_g = F \cdot s \cos \theta - \mu s \{W - F \sin \theta\}$$

$$W_T = s [F \cos \theta - \mu \{mg - F \sin \theta\}] \dots \dots \dots (5.9)$$

Apabila benda bergerak dengan percepatan  $a$ , massa benda  $m$ , maka persamaan (5.9) dapat ditulis:

$$W_T = s [F \cos \theta - \mu \{mg - F \sin \theta\}] \dots \dots \dots (5.10)$$

Apabila arah gaya  $F$  yang bekerja searah dengan arah perpindahan (horizontal) berarti  $\theta = 0$ , maka persamaan (4.9) dapat ditulis:

$$W_T = s [F \cos 0 - \mu \{mg - F \sin 0\}]$$

$$\begin{aligned}
 W_T &= s[F - \mu\{mg - 0\}] \\
 W_T &= s[F - \mu\{mg\}] = s[F - f] \\
 W_T &= s[ma - \mu mg] \dots \dots \dots (5.11)
 \end{aligned}$$

**Contoh 5.2**

Pada benda yang bermassa 2 kg berada diatas bidang datar kasar dengan koefisien gesekan 0,3 bekerja gaya 10 N sehingga benda berpindah sejauh 10 m, apabila gaya membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap horizontal. Tentukan besar usaha yang dialami benda.

Jawab:

Diketahui:  $F = 10 \text{ N}$

$m = 2 \text{ kg}$

$\theta = 30^\circ$

$\mu = 0,3$

$s = 10 \text{ m}$

Ditanya:  $W ?$

Penyelesaian :

$$W = s[F \cos \theta - \mu\{mg - F \sin \theta\}]$$

$$W = 10[10 \cos 30^\circ - 0,3\{2 \cdot 10 - 10 \sin 30^\circ\}]$$

$$W = 10\left[10 \frac{1}{2} \sqrt{3} - 0,3\left\{2 \cdot 10 - 10 \frac{1}{2}\right\}\right]$$

$$W = 10[5\sqrt{3} - 0,3\{20 - 5\}]$$

$$W = 10[5\sqrt{3} - 4,5] = 41,6 \text{ J}$$

**D. PENGERTIAN ENERGI**

Energi merupakan salah satu dari konsep yang paling penting pada sains. Tetapi kita tidak bisa memberikan definisi umum yang sederhana

mengenai energi dalam beberapa kata saja. Bagaimanapun, setiap jenis energi tertentu dapat didefinisikan dengan sederhana. Aspek yang paling penting dari semua jenis energi adalah bahwa jumlah dari semua energi, *energi total*, tetap sama setelah proses apapun dengan jumlah sebelumnya: yaitu besaran energi dapat didefinisikan sedemikian sehingga energi merupakan besaran yang kekal.

## E. ENERGI KINETIK

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak. Apabila sebuah benda yang mempunyai massa  $m$  bergerak dengan kecepatan  $v$ , maka besar energi kinetik benda adalah

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(5.12)$$

Apabila benda bergerak dengan kecepatan mula-mula  $v_1$  dengan percepatan  $a$ , sehingga benda bergerak sejauh  $s$ , apabila kecepatan akhir benda menjadi  $v_2$ , maka berlaku.

$$2as = v_2^2 - v_1^2$$

$$as = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \dots\dots\dots(5.13)$$

Dimana besar usaha yang dilakukan benda adalah

$$W = F \cdot s = ma \cdot s = m \cdot as \dots\dots\dots(5.14)$$

Persamaan (5.13) disubstitusikan ke persamaan (5.14), maka diperoleh

$$W = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = E_{k2} - E_{k1} \dots\dots\dots(5.15)$$

Menurut persamaan (5.15), menyatakan besar usaha adalah perubahan energi kinetik.

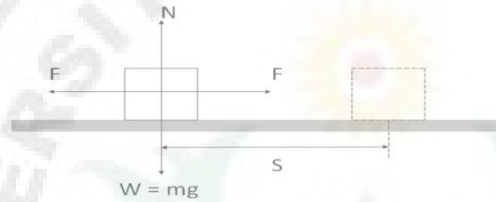
(gaya resultan dari lingkungan pada benda sama dengan perubahan energi kinetik benda)

- ✱ Bila *lingkungan* melakukan usaha  $W > 0$ , maka *energi kinetik* bertambah.
- ✱ Bila *benda* melakukan usaha  $W < 0$ , maka *energi benda* berkurang.

### Contoh 5.3

Benda yang mempunyai massa  $m$  diam di atas bidang datar dengan koefisien gesekan  $\mu$ , kemudian pada benda bekerja gaya  $F$ , sehingga benda bergerak sejauh  $s$ , tentukan kecepatan benda tersebut.

Jawab:



Diketahui:  $F = F$

$m = m$

$v_1 = 0$

$\mu = \mu$

$s = s$

Ditanya:  $v_2 \dots ?$

Penyelesaian :

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = s[F - \mu mg]$$

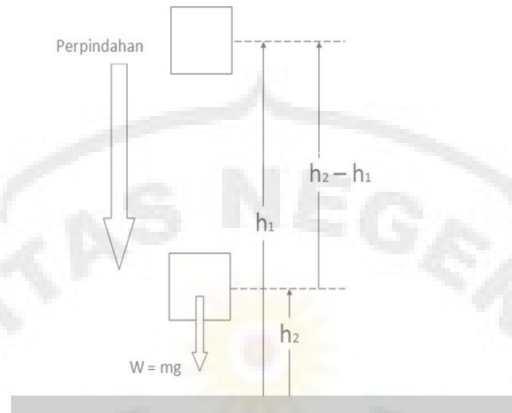
$$\frac{1}{2}mv_2^2 = s[F - \mu mg]$$

$$v_2^2 = \frac{2s[F - \mu mg]}{m}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2s[F - \mu mg]}{m}}$$

## F. ENERGI POTENSIAL

Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda karena kedudukannya. Apabila suatu benda yang mempunyai massa  $m$  berada pada ketinggian  $h$ , maka besar energi potensial benda adalah



**Gambar 5.3** usaha oleh gaya berat

$$E_p = mgh \dots \dots \dots (5.16)$$

Apabila benda mula-mula pada ketinggian  $h_1$ , akibat gaya berat benda turun sampai ketinggian  $h_2$ , maka besar usaha akibat gaya berat adalah

$$W = Fh = mg(h_2 - h_1) = -mg(h_2 - h_1) \dots \dots \dots (5.17)$$

Persamaan (5.17) adalah usaha akibat gaya berat yang merupakan perubahan energi potensial.

Pada waktu energi potensial diubah menjadi usaha, energi yang dimasukkan ini yang dipakai. Ini sebabnya, sistem dengan energi potensial disebut *sistem konservatif*, karena apa yang dimasukkan itu juga yang dikeluarkan. Energi potensial bukan miliki benda sendiri melainkan miliki benda dan lingkungannya. Dalam hal energi lingkungannya tidak berubah atau perubahannya dapat diabaikan, maka sering terjadi energi potensial dikaitkan pada bendanya saja. Misalnya untuk benda dipermukaan bumi, energi potensial pasangan bumi dan benda adalah  $mgh$ , tetapi karena bumi jauh lebih besar dari benda yang ditinjau, perubahan yang berarti hanya terjadi pada benda, sehingga sering dikatakan bahwa energi potensial benda adalah  $mgh$ .

#### Contoh 5.4

Benda yang mempunyai massa 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 10 m, tentukan besar usaha yang dilakukan oleh benda pada saat ketinggian benda 2 m dari tanah.

Jawab:

Diketahui :

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$h_1 = 10 \text{ m}$$

$$h_2 = 2 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanya:  $W \dots ?$

Penyelesaian :

$$W = -mg(h_2 - h_1)$$

$$W = -2 \cdot 10(2 - 10)$$

$$W = -20(-8)$$

$$W = 160 \text{ J}$$

### G. ENERGI MEKANIK

Energi mekanik adalah jumlah energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki benda, dimana energi mekanik selalu tetap, maka energi potensial dan energi kinetik yang selalu berubah-ubah. Secara matematis energi mekanik dapat ditulis.

$$E_m = E_p + E_k$$

$$E_m = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \dots \dots \dots (5.18)$$

Hukum kekekalan ini hanya berlaku dalam medan gaya *konservatif*. Gaya-gaya lain boleh ada asalkan tidak melakukan usaha. Artinya, dalam medan

gaya konservatif jumlah energi kinetik dan energi potensial di sebarang titik selalu sama, tidak peduli bagaimana lintasan benda.

### Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Hukum kekekalan energi mekanik adalah jumlah energi potensial dan energi kinetik keadaan mula-mula sama dengan jumlah energi potensial dan energi kinetik keadaan akhir, secara matematis dapat ditulis.

$$\begin{aligned}
 E_{m1} &= E_2 \\
 E_{p1} + E_{k1} &= E_{p2} + E_{k2} \\
 mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 &= mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \\
 2gh_1 + v_1^2 &= 2gh_2 + v_2^2 \dots\dots\dots(5.19)
 \end{aligned}$$

#### Contoh 5.5

Sebuah benda yang mempunyai massa 5 kg, mengalami jatuh bebas, pada saat ketinggian 2 m dari tanah kecepatan benda 4 m/s. Tentukan besar energi mekanik benda.

Jawab::

Diketahui:

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$v = 4 \text{ m/s}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanya:  $E_m \dots ?$

Penyelesaian :

$$E_m = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_m = 5 \cdot 10 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 4^2$$

$$W = 100 + 40$$

$$W = 140 \text{ J}$$



## H. DAYA DAN EFISIENSI

### a. Daya

Daya adalah usaha yang dilakukan benda per satuan waktu atau perbandingan antara usaha yang dilakukan benda dengan waktu yang dibutuhkan. Apabila besar gaya yang bekerja pada suatu benda adalah  $F$ , sehingga benda berpindah sejauh  $s$  dalam waktu  $t$ , maka besar usaha yang dilakukan oleh gaya adalah

$$W = F \cdot s \dots \dots \dots (5.20)$$

Dan besar daya secara matematis adalah

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} \dots \dots \dots (5.21)$$

Dimana  $v = \frac{s}{t}$ , maka persamaan (5.20) dapat ditulis :

$$P = F \cdot v \dots \dots \dots (5.22)$$

Satuan daya dalam SI adalah joule/sekon = watt, disingkat dengan w. Satuan lain dari daya adalah daya kuda (horse power = hp).

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ watt}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \cdot 3600 = 3,6 \times 10^6 \text{ joule}$$

$$1 \text{ watt} = \frac{1}{746} \text{ hp} = 1,34 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

Untuk mampu melihat perbedaan ini lihatlah contoh berikut. Seseorang dibatasi dalam usaha yang dapat ia lakukan, tidak hanya energi total yang dibutuhkan, tetapi juga dengan seberapa cepat energi ini diubah: yaitu, dengan daya. Sebagai contoh, seseorang mungkin bisa berjalan menempuh jarak yang jauh atau menaiki tangga bertingkat-tingkat sebelum harus berhenti karena banyaknya energi yang telah dikeluarkan. Di hal lain, seseorang yang berlari dengan cepat menaiki tangga bisa jatuh kelelahan

hanya setelah satu atau dua tingkat saja. Dalam hal ini ia dibatasi oleh daya, kecepatan tubuhnya dapat merubah energi kima menjadi energi mekanik.

### Contoh 5.6

Daya dorong mesin jet sebuah pesawat terbang  $10^4$  N, tentukan daya mesin jet, apabila pesawat terbang melaju dengan kecepatan 200 m/s.

Jawab:

Diketahui:

$$F = 10^4 \text{ N}$$

$$v = 200 \text{ m/s}$$

Ditanya: P...?

Penyelesaian :

$$P = F \times v$$

$$P = 10^4 \times 200$$

$$P = 2 \times 10^6 \text{ watt}$$

$$P = \frac{2 \times 10^6 \text{ watt}}{746} = 2681 \text{ hp}$$

### Soal Latihan

#### A. Pilihan Ganda

- Budiman mendorong mobil yang mogok, tetapi mobil tersebut tetap tidak bergerak. Usaha yang dilakukan Budiman adalah...
  - tetap
  - nol
  - tidak henti-hentinya
  - minimum
  - maksimum
- Kemampuan untuk melakukan usaha adalah ..... dan merupakan besaran .....
  - momentum,vektor
  - energy,vektor
  - energy,skalar
  - momentum,skalar
  - energy ,energy mekanik

3. Gaya sebesar 25 N membenetuk sudut  $60^0$  pada bidang horizontal bekerja terhadap pada benda sehingga benda tersebut berpindah sejauh 10 m. hitunglah usaha yang dilakukan gaya tersebut!
- 122 J
  - 123 J
  - 125 J
  - 225 J
  - 232 J
4. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian 10 meter di atas tanah. Jika massa benda 4 kg dan percepatan gravitasi ( $g$ ) =  $10 \text{ m s}^{-2}$  maka energi kinetik dan kelajuan benda pada ketinggian 5 meter di atas tanah adalah...
- 10 meter/sekon
  - 11,5 meter/sekon
  - 12 meter/sekon
  - 9 meter/sekon
  - 5 meter/sekon
5. Sebuah benda bermassa 4kg mula mula diam kemudian bergerak lurus dengan percepatan  $3 \text{ m/s}^2$  .Usaha yang diubah menjadi energy kinetik setelah dua sekon adalah....
- 6 joule
  - 12 joule
  - 24 joule
  - 48 joule
  - 72 joule
6. Usaha dapat didefenisikan sebagai.....
- besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga benda tersebut mengalami perpindahan
  - sesuatu yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan percepatan dan/atau perubahan bentuk suatu benda

- c. energi yang dilakukan per satuan waktu
  - d. kemampuan melakukan kerja.
  - e. suatu perubahan tempat kedudukan pada suatu benda dari titik keseimbangan awal.
7. Seorang anak menarik mobil mainan dengan seutas tali dengan gaya tarik 30N. Mobil berpindah sejauh 5 m. Usaha yang dilakukan anak itu jika tali membentuk sudut  $37^\circ$  terhadap jalan mendatar adalah...
- a. 220 J
  - b. 200 J
  - c. 150 J
  - d. 120 J
  - e. 100 J
8. Saat 5 sekon pertama, gaya yang diberikan pada suatu benda membesar dari 2 N menjadi 8 N, sehingga benda berpindah kedudukan dari 3 m menjadi 12 m. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya yang tidak beraturan pada waktu memindahkan benda tersebut?
- a. 27 J
  - b. 30 J
  - c. 22 J
  - d. 33 J
  - e. 21 J
9. Benda bermassa  $m$  bergerak pada bidang miring yang mempunyai sudut kemiringan  $\theta$  dan koefisien gesekan  $\mu$ , apabila benda tersebut diam pada ketinggian  $h$ , besar energi mekanik benda adalah.
- a.  $mgh (1 - \mu \cotg \theta)$
  - b.  $mgh (2 - \mu \cotg \theta)$
  - c.  $mgh (3 - \mu \cotg \theta)$
  - d.  $mgh (4 - \mu \cotg \theta)$
  - e.  $mgh (5 - \mu \cotg \theta)$

10. sebuah benda mempunyai massa 10 kg berada pada ketinggian 50 m mengalami jatuh bebas, ketinggian benda pada saat usaha gaya berat benda 2000 J adalah
- a. 10 m
  - b. 15 m
  - c. 20 m
  - d. 30 m
  - e. 34 m

### B. Essay

1. Sebuah benda bergerak diatas bidang miring yang mempunyai sudut kemiringan  $\theta$ , tanpa kecepatan awal dari ketinggian h, koefisien gesekan bidang miring  $\mu$ , tentukan kecepatan benda pada saat benda berada pada ketinggian 0,25 h.
2. Sebuah mobil bermassa 2000 kg menuruni jalan miring dengan sudut kemiringan jalan  $30^\circ$ , pada saat kecepatan mobil 10 m/s dengan posisi ketinggian 20 m mobil direm, tentukan besar gaya rem yang dibutuhkan agar pada ketinggian 5 m kecepatan mobil menjadi 2 m/s.
3. Untuk membongkar muatan kapal digunakan derek yang mampu mengangkat bahan sebanyak 50 kg dengan ketinggian 20 m dalam waktu 2 s, berapa hp kah daya minimum mesin untuk menggerakkan derek tersebut.
4. Sudut kemiringan suatu bidang miring adalah  $45^\circ$ , sebuah benda bergerak dari dasar bidang miring dengan kecepatan 10 m/s, apabila pada ketinggian 5 m, kecepatan benda 5 m/s, tentukan koefisien gesekan bidang miring.
5. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan mula-mula 2 m/s, setelah 4 s kecepatan mobil menjadi 6 m/s, tentukan besar daya mesin apabila massa mobil 1000 kg.

# I. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS *ICARE (LKMB ICARE)*

## LKMB *ICARE* 5.1

### A. *Introduction (I)*

**JUDUL** : *Bouncing Balls*

**TUJUAN** :

1. Untuk mengetahui dan memahami konsep perubahan energi.
2. Untuk mengetahui pengaruh ukuran dan jenis bola terhadap ketinggian pantulannya.

### B. *Connecting (C)*

#### **Pertanyaan Prasyarat**

- a. Ketika kita melemparkan sebuah benda, misalnya bola ke atas, mengapa benda tersebut kembali turun ke bawah? Jelaskan (berdasarkan konsep energi)!

.....  
.....  
.....  
.....

- b. Jelaskan perubahan energi apakah yang terjadi ketika sebuah bola dilepaskan dari suatu ketinggian dengan keadaan diam kemudian membentur suatu benda sebelum akhirnya menyentuh tanah?

.....  
.....

3. Bagaimanakah pengaruh jenis dan ukuran suatu bola terhadap ketinggian pantulannya?

.....

.....

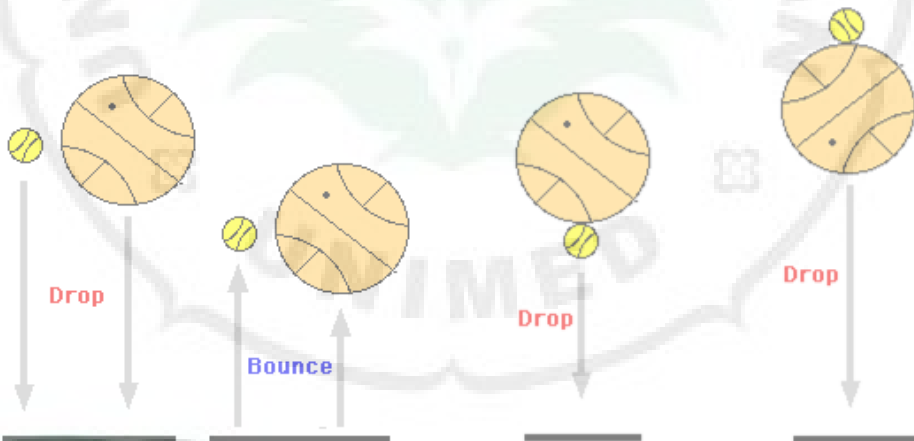
.....

### C. Applying (A)

#### Alat dan Bahan

1. Beberapa bola dengan jenis dan ukuran yang berbeda
2. Mistar

#### Posedur Kerja



Gambar 1

Gambar 2

Gambar 3

1. Jatuhkan dua bola yang ukurannya berbeda dari ketinggian yang sama diukur dari lantai hingga ke pusat bola. Bagaimana tinggi pantulan keduanya untuk beberapa pantulan? tuliskan hasilnya dalam bentuk tabel sederhana

2. Setelah anda melakukan kegiatan di atas, coba Anda menganalisis pantulan dua bola berbeda yang digabungkan dengan posisi yang berbeda (perhatikan **gambar 2 & gambar 3**).
  - (a) Lakukan analisis data, termasuk penggunaan statistik sederhana (rerata dan standar deviasi).
  - (b) Berdasarkan analisis Anda, buat sebuah simpulan dari kegiatan yang telah dilakukan.

#### **D. Reflecting (R)**

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan *bouncing balls*:

1. Hal hal yang sudah dicapai melalui kegiatan *bouncing balls* yang berkaitan dengan perubahan energi:

.....  
.....  
.....  
.....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan pengaruh jenis bola dan ukuran terhadap ketinggian pantulan

.....  
.....  
.....

#### **E. Extending (E)**

Anda telah melakukan percobaan *bouncing balls* tentang konsep perubahan energi, lanjutkan dengan melakukan percobaan yang berhubungan dengan konsep usaha dan energi lainnya, rancanglah percobaannya dan buat laporannya.



## BAB VI ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE

### A. ELASTISITAS



*Gambar 6.1 Shockabsorber pada mobil.*

Pada saat Anda mengendarai motor atau mobil, pernahkah Anda merasakan guncangan ketika motor atau mobil Anda melewati lubang atau jalan yang tidak rata? Setelah kendaraan melewati lubang atau jalan yang tidak rata, kendaraan akan berguncang atau berayun beberapa kali, kemudian kendaraan Anda akan kembali berjalan dengan mulus. Tahukah Anda, mengapa peristiwa tersebut terjadi? Pada setiap kendaraan, terdapat sebuah sistem pegas elastis yang berguna untuk memperkecil efek guncangan pada kendaraan, yaitu shockbreaker. Tahukah Anda bagaimana prinsip kerja shockbreaker tersebut? Dalam hal apa sajakah sifat elastis suatu benda diaplikasikan? Bagaimanakah hubungan antara elastisitas benda dengan gerak harmonik? Agar dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, pada Bab ini akan dibahas materi tentang elastisitas benda dan gerak harmonik sederhana.

## B. SIFAT ELASTISITAS BAHAN

Pada Subbab ini, Anda akan mempelajari gaya pemulih pada pegas yang memenuhi Hukum Hooke. Anda juga akan mengetahui bahwa gaya pemulih tersebut timbul akibat sifat pegas yang elastis. Bagaimana sifat elastis benda padat secara Fisika? Tahukah Anda, besaran-besaran yang menentukan elastisitas suatu benda? Agar Anda dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, pelajailah bahasan materi subbab berikut dengan saksama.

### Sifat Elastis Benda Padat

Sebuah pegas atau per jika ditarik akan bertambah panjang. Jika ditekan, pegas atau per tersebut akan menjadi lebih pendek. Jika pegas atau per tersebut kemudian dilepaskan, pegas atau per akan kembali ke bentuknya semula. Benda yang memiliki sifat seperti pegas atau per disebut benda elastis. Jika benda yang terbuat dari plastisin, lilin, atau tanah liat ditekan, setelah gaya tekan dihilangkan, benda-benda tersebut tidak akan kembali ke bentuk semula.

Tiga hal utama yang harus diketahui di dalam mempelajari sifat elastis dari suatu bahan, yaitu tegangan (stress), regangan(strain), dan modulus elastisitas.

#### a). Tegangan (Stress)

Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Perhatikan gambar berikut :



**Gambar 6.2** Sebuah batang yang mengalami tegangan

Gambar 6.2a : memperlihatkan suatu batang yang luasnya A. Setiap ujung batang tersebut mengalami gaya tarik sebesar F yang sama besar dan berlawanan arah. Batang itu dikatakan mengalami tegangan. Apabila ditinjau sebuah irisan tegak lurus pada panjang batang (garis putus-putus pada Gambar 6.2a), tarikan oleh gaya F akan tersebar rata pada luas penampang A, seperti ditunjukkan oleh pada Gambar 6.2b. Oleh karena itu, tegangan didefinisikan sebagai perbandingan besar gaya F terhadap luas penampang bidang A, Secara matematis dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (6.1)$$

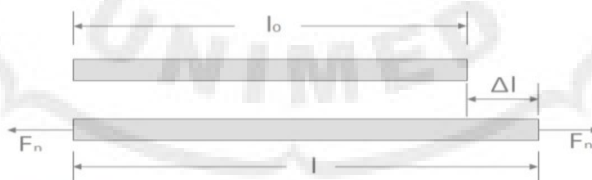
Dimana :

$\sigma$  = tegangan/stress (N/m<sup>2</sup> atau pascal),

F = gaya tekan/tarik (N),

A = luas penampang yang ditekan/ditarik (m<sup>2</sup>).

**b). Regangan ( strain )**



**Gambar 6.3** Regangan sebuah batang sepanjang l

Regangan ialah perubahan relatif ukuran atau bentuk benda yang mengalami tegangan. Gambar 3.2 memperlihatkan sebuah batang yang mengalami regangan akibat gaya tarik F. Panjang batang mula-mula adalah  $l_0$ . Setelah mendapat gaya tarik sebesar F, batang tersebut berubah panjangnya menjadi l. Dengan demikian, batang tersebut mendapatkan pertambahan panjang sebesar  $\Delta l$ , dengan  $\Delta l = l - l_0$ .

Oleh karena itu, regangan didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang benda dan panjang benda mula-mula, Secara matematis dirumuskan:

$$e = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots (6.2)$$

Dimana :

$\Delta l$  = Pertambahan panjang (m)

$l_0$  = Panjang mula-mula (m)

e = Regangan (Tidak bersatuan)

### 1. Modulus Elastisitas

Sifat elastis suatu bahan berhubungan dengan modulus elastisitasnya. Elastisitas suatu bahan dapat diketahui dengan membandingkan hubungan antara tegangan dan regangan yang dialami oleh suatu bahan. Menurut Hooke, perbandingan antara tegangan dan regangan yang dialami oleh suatu bahan, Perbandingan ini disebut sebagai konstanta modulus elastisitas atau Modulus young. Secara matematis, modulus elastisitas dirumuskan sebagai berikut.

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta l}{l_0}}$$
$$E = \frac{Fl}{A\Delta l} \dots\dots\dots (6.3)$$

Dengan satuan E dalam N/m<sup>2</sup>.

Menurut Hukum Hooke (bahasan mengenai Hukum Hooke ini akan Anda pelajari lebih rinci pada subbab B), gaya pemulih pada pegas yang berada di dalam batas elastisnya akan selalu memenuhi persamaan berikut :

$$F = -k.\Delta l \dots\dots\dots (6.4)$$

Dengan :

$k$  = tetapan pegas (N/m),

$\Delta l$  = pertambahan panjang pegas (m), dan

$F$  = gaya yang bekerja pada pegas (N).

Tanda minus (-) Persamaan (8.4) menyatakan arah gaya pemulih yang selalu berlawanan dengan pertambahan panjang pegas. Dari Persamaan (8.3), diperoleh :

$$F = \left( \frac{EA}{l} \right) \Delta l \dots\dots\dots (6.5)$$

Oleh karena  $F = -k.\Delta l$ , hubungan antara tetapan pegas dan modulus Young/modulus elastisitas dapat dituliskan sebagai :

$$k = \frac{EA}{l} \dots\dots\dots (6.6)$$

**Tabel 6.1.** Modulus Elastisitas (Harga Pendekatan) :

Bahan	Modulus Young
Aluminium	$0,7 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Kuningan	$0,91 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Tembaga	$1,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Gelas	$0,55 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Besi	$0,91 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Timah	$0,16 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Nikel	$2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Baja	$2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Tungsten	$3,6 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

**Sumber:** *College Physics*, 1983

### Contoh 6.1

Sebuah kawat logam dengan diameter 1,25 mm dan panjangnya 80 cm digantungi beban bermassa 10 kg. Ternyata kawat tersebut bertambah panjang 0,51 mm. Tentukan: a. tegangan (stress),

b. regangan (strain), dan

c. modulus Young zat yang membentuk kawat.

**Solusi :**

Diketahui:  $d = 1,25 \text{ mm}$ ,  $l = 80 \text{ cm}$ ,  $m = 10 \text{ kg}$ , dan  $\Delta l = 0,51 \text{ mm}$ .

a. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{mg}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{(10\text{kg})(10\text{m/s}^2)}{\frac{1}{4}(3,14)(1,25 \times 10^{-3}\text{m})^2} = 8,13 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

b. Regangan

$$e = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{5,1 \times 10^{-4}\text{m}}{0,8\text{m}} = 6,375 \times 10^{-4}$$

c. Modulus young

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{8,13 \times 10^7 \text{ N/m}^2}{6,375 \times 10^{-4}} = 1,28 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

### Contoh 6.2

Sebuah silinder yang terbuat dari baja panjangnya 10 m dan jari-jari 2 cm.

Jika modulus elastisitas baja tersebut  $2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ , berapakah tetapan gaya baja tersebut?

**Solusi :**

Diketahui:  $l = 10 \text{ m}$ ,  $r = 2 \text{ cm}$ , dan  $t = 2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

$$k = \frac{EA}{l} = \frac{E\pi r^2}{l} = \frac{(2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2)(3,14)(2 \times 10^{-2}\text{m})^2}{10\text{m}} = 2,52 \times 10^9 \text{ N/m}$$

## C. GERAK HARMONIK SEDERHANA

Jika suatu benda bergerak bolak-balik terhadap titik tertentu, gerak benda itu disebut bergetar. Pada subbab ini Anda akan mempelajari jenis getaran yang dinamakan gerak harmonik sederhana. Contoh gerak seperti ini, antara lain gerak benda yang digantungkan pada suatu pegas dan gerak ayunan bandul yang amplitudonya kecil.

Pada gerak harmonik sederhana, benda akan selalu bergerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangannya secara terus-menerus. Dengan demikian, definisi gerak harmonik sederhana adalah gerak bolak-balik benda melalui suatu titik kesetimbangan tertentu dengan banyaknya getaran benda dalam setiap sekon selalu konstan.

### 1) Gaya Pemulih

Gaya pemulih dimiliki oleh setiap benda elastis yang terkena gaya sehingga benda elastis tersebut berubah bentuk. Gaya yang timbul pada benda elastis untuk menarik kembali benda yang melekat padanya disebut gaya pemulih. Akibat gaya pemulih tersebut, benda akan melakukan gerak harmonik sederhana. Dengan demikian, pada benda yang melakukan gerak harmonik sederhana bekerja gaya pemulih yang selalu mengarah pada titik kesetimbangan benda.

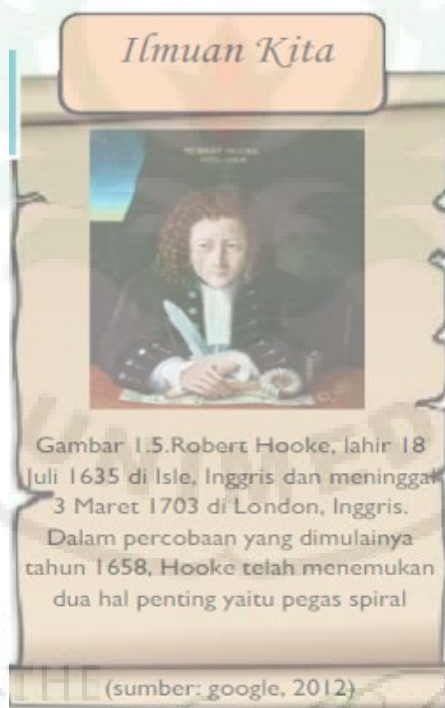
#### a) Gaya Pemulih pada Pegas

Pegas adalah salah satu contoh benda elastis. Oleh karena sifat elastisnya ini, suatu pegas yang diberi gaya tekan atau gaya regang akan kembali ke keadaan setimbangnya mula-mula apabila gaya yang bekerja padanya dihilangkan. Gaya yang timbul pada pegas untuk mengembalikan posisinya ke keadaan setimbang disebut gaya pemulih pada pegas.

Gaya pemulih pada pegas banyak dimanfaatkan dalam bidang teknik dan kehidupan sehari-hari. Misalnya, pada shockbreaker kendaraan dan

springbed. Di dalam shockbreaker terdapat sebuah pegas yang berfungsi meredam getaran saat roda kendaraan melewati jalanan yang tidak rata. Dengan demikian, kendaraan dapat dikendarai dengan nyaman. Demikian juga dengan springbed. Pegas-pegas yang tersusun di dalam springbed akan memberikan kenyamanan saat Anda tidur di atasnya. Bagaimanakah sifat-sifat gaya pemulih pada pegas ini apabila diuraikan secara Fisika? Agar Anda dapat memahaminya, pelajailah bahasan materi pada sub-bab ini.

### Robert Hooke



**Gambar 6.4.** Lukisan Robert Hooke

Hooke lahir di Freshwater Kepulauan Wight, Inggris. Ia banyak melakukan percobaan mengenai sifat elastis benda. Salah satu teorinya yang terkenal adalah Hukum Hooke yang menjadi dasar teori elastisitas. Ia juga



terkenal sebagai pembuat alat/ mesin sehingga namanya diabadikan sebagai nama sebuah versi mikroskop. Bukunya yang terkenal adalah Micrographia.

## 2) Hukum Hooke

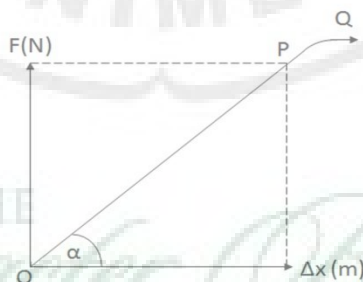
Jika gaya yang bekerja pada sebuah pegas dihilangkan, pegas tersebut akan kembali ke keadaannya semula. Ilmuwan yang pertama-tama meneliti tentang ini adalah Robert Hooke. Melalui percobaannya, Hooke menyimpulkan bahwa sifat elastis pegas tersebut ada batasnya dan besar gaya pegas sebanding dengan pertambahan panjang pegas. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F = -k.\Delta l \dots\dots\dots(6.7)$$

Dengan :

$k$  = tetapan pegas (N/m).

Persamaan (6.7) ini dikenal sebagai Hukum Hooke. Tanda negatif (-) diberikan karena arah gaya pemulih pada pegas selalu berlawanan dengan arah gerak pegas tersebut. Perhatikanlah grafik hubungan antara  $F$  dan  $\Delta x$  pada Gambar 6.5 :



**Gambar 6.5.** Grafik hubungan antara gaya dan pertambahan panjang pegas

Dari titik O sampai dengan titik P, grafik  $F$ – $\Delta x$  berbentuk garis lurus. Dalam batasan ini, pertambahan panjang pegas linear dan titik P disebut sebagai batas linearitas pegas. Dari titik P sampai dengan titik Q,

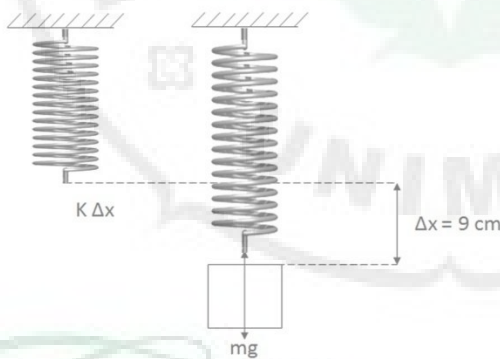
pertambahan panjang pegas tidak linear sehingga  $F$  tidak sebanding dengan  $\Delta x$ . Namun sampai titik  $Q$  ini pegas masih bersifat elastis. Di atas batas elastis ini terdapat daerah tidak elastis (plastis). Pada daerah ini, pegas dapat putus atau tidak kembali ke bentuknya semula, walaupun gaya yang bekerja pada pegas itu dihilangkan. Hukum Hooke hanya berlaku sampai batas linearitas pegas.

Dari grafik  $F - \Delta x$  pada Gambar 8. Juga dapat ditentukan tetapan pegas ( $k$ ) pada batas linearitas pegas, yaitu:

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \tan \alpha = \text{kemiringan grafik } F(-\Delta x) \dots \dots \dots (6.8)$$

### Contoh 6.3

Benda bermassa 4,5 kg digantungkan pada pegas sehingga pegas itu bertambah panjang sebesar 9 cm. Berapakah tetapan pegas tersebut?



### Solusi:

Diketahui:  $m = 4,5 \text{ kg}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , dan  $\Delta x = 9 \text{ cm}$ .

$$F = k \cdot \Delta l \Rightarrow mg = k \cdot \Delta x$$

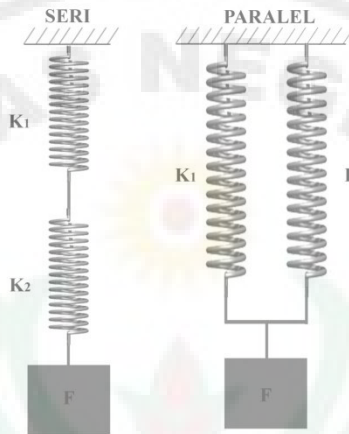
$$(4,5 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2) = k(0,09 \text{ m})$$

$$k = \frac{45 \text{ kg}}{0,09 \text{ m}} = 500 \text{ N/m}$$

## Hukum Hooke untuk Susunan Pegas :

Pegas dapat disusun secara seri, paralel, dan gabungan seri-paralel

### 1. Susunan Seri



*Gambar 6.6. Pegas Seri dan Paralel*

Hal-hal yang berkaitan dengan pegas pengganti dari susunan seri adalah sebagai berikut :

a. Gaya yang menarik pegas pengganti dan masing-masing pegas sama besar

$$F_1 = F_2 = F$$

b. Pertambahan panjang pegas pengganti sama dengan jumlah pertambahan panjang masing-masing pegas

$$x = x_1 + x_2$$

c. Tetapan pegasnya

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

atau secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots + \dots \dots \dots (6.9)$$

Keterangan :

$k_s$  = konstanta pegas pengganti susunan seri

## 2. Susunan Paralel

Hal-hal yang berkaitan dengan pegas pengganti dari susunan paralel adalah sebagai berikut

a. Gaya yang menarik pegas pengganti sama dengan jumlah gaya yang menarik masing-masing pegas

$$F = F_1 + F_2 .$$

b. Pertambahan panjang pegas pengganti dan masing-masing pegas sama besar

$$x = x_1 = x_2$$

c. Tetapan penggantinya

$$k_p = k_1 + k_2$$

atau secara umum ditulis sebagai berikut :

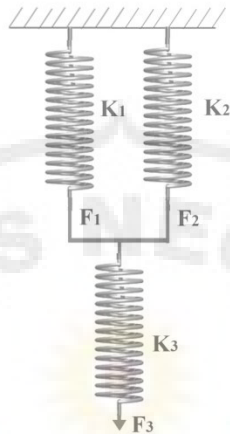
$$k_p = k_1 + k_2 + \dots + \dots \dots \dots (6.10)$$

Keterangan :

$k_p$  = konstanta pegas pengganti susunan paralel

## 3. Susunan Seri dan Paralel





**Gambar 6.7.** Susunan pegas gabungan seri dan parallel

Hal-hal yang berkaitan dengan pegas pengganti dari susunan seri dan parallel adalah sebagai berikut :

- a. Gaya pengganti (F) adalah  $F_1 + F_2 = F$
- b. Pertambahan panjang pegas (x) adalah  $x_1 = x_2$

$x = x_1 + x_3$  atau  $x = x_2 + x_3$

- c. Tetapan penggantinya ( $k_{tot}$ )

$$\frac{1}{k_1 + k_2} + \frac{1}{k_3} = \frac{1}{k_{tot}} \dots\dots\dots (6.11)$$

**Contoh 6.4**

Dua pegas identik memiliki tetapan pegas 600 N/m. Tentukanlah konstanta sistem pegas jika:

- a. disusun seri
- b. disusun paralel

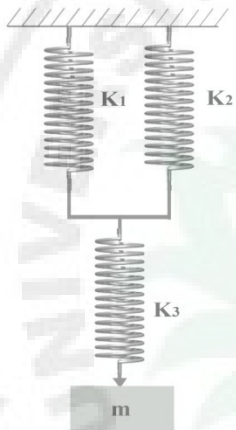
**Solusi :**

Diketahui:  $k_1 = k_2 = 600 \text{ N/m}$ .

- a.  $\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{600} \text{ N/m} + \frac{1}{600} \text{ N/m} = 300 \text{ N/m}$
- b.  $k_p = k_1 + k_2 = 600 \text{ N/m} + 600 \text{ N/m} = 1200 \text{ N/m}$

### Contoh 6.5

Perhatikanlah gambar sistem pegas di bawah ini.



Jika  $k_1 = k_2 = 600 \text{ N/m}$ ,  $k_3 = 1.200 \text{ N/m}$ , dan  $m = 3 \text{ kg}$ , tentukanlah:

- a. tetapan sistem pegas, dan  
b. pertambahan panjang sistem pegas.

**Solusi :**

Diketahui:  $k_1 = k_2 = 600 \text{ N/m}$ ,  $k_3 = 1.200 \text{ N/m}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , dan  $m = 3 \text{ kg}$ .

a.  $k_p = k_1 + k_2 = 600 \text{ N/m} + 600 \text{ N/m} = 1200 \text{ N/m}$

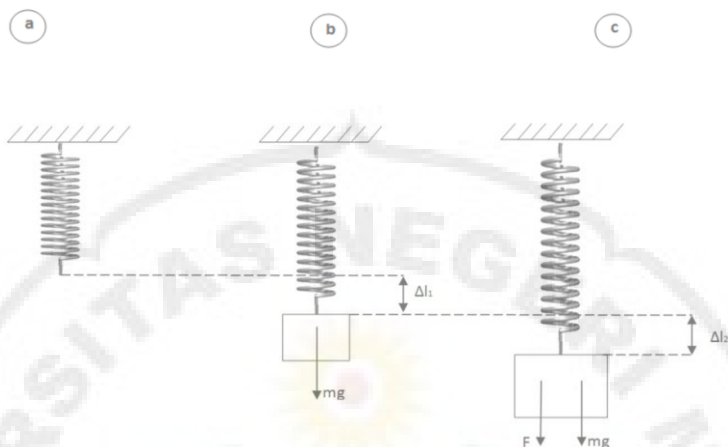
$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{1200} \text{ N/m} + \frac{1}{1200} \text{ N/m} = 600 \text{ N/m}$$

b.  $mg = k\Delta x$

$$(3\text{kg})(10\text{m/s}^2) = (600 \text{ N/m})\Delta x$$

$$\Delta x = 0,05\text{m} = 5\text{cm}$$

Perhatikanlah ilustrasi gerakan pegas dan gaya pemulihnya yang diperlihatkan pada Gambar 6.8.



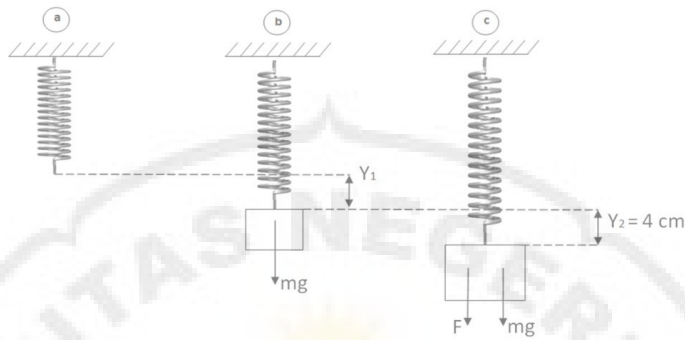
**Gambar 6.8** (a) Sebuah pegas digantung tanpa beban. (b) Pegas digantung dengan beban sehingga panjang pegas bertambah sebesar  $\Delta l_1$ . (c) Pegas digantung dengan beban dan ditarik gaya sehingga bertambah panjang sebesar  $\Delta l_2$ .

Gambar tersebut memperlihatkan suatu pegas yang konstanta pegasnya  $k$  dan panjangnya saat belum digantungi beban adalah  $l$ . Setelah benda bermassa  $m$  digantungkan pada pegas, seperti pada Gambar 6.8b, pegas bertambah panjang sebesar  $\Delta l$  dan berada dalam keadaan setimbang. Gaya pemulih yang timbul pada pegas sama dengan berat benda,  $mg$ . Apabila pegas yang digantungi beban itu ditarik ke bawah dengan gaya sebesar  $F$ , pegas bertambah panjang sebesar  $\Delta l_2$ , seperti terlihat pada Gambar 6.8c.

Pada saat ini, gaya pemulih pada pegas memenuhi hubungan sesuai Hukum Hooke  $F = -k \cdot \Delta l$  dengan  $\Delta l = \Delta l_2$ .

### Contoh 6.6

Sebuah pegas digantungi beban 100 gram sehingga panjang pegas menjadi 30 cm. Jika beban ditarik ke bawah sejauh 4 cm dan percepatan gravitasi Bumi  $10 \text{ m/s}^2$ , tentukan gaya pemulih pada pegas itu.



**Solusi :**

Perhatikanlah gambar.

Diketahui:  $y = 25 \text{ cm}$ ,  $y_1 = 30 \text{ cm}$ ,  $y_2 = 4 \text{ cm}$ ,  $m = 100 \text{ g}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Pada posisi gambar (b) :

$$mg = ky_1 \Rightarrow (0,1kg)(10 \text{ m/s}^2) = k(0,05m)$$

$$\Rightarrow 20 \text{ N/m}$$

Pada posisi gambar (c) :

$$F = ky_2 = (20 \text{ N/m})(0,04m) = 0,8N$$

**b. Gaya Pemulih pada Ayunan Matematis**

Ayunan matematis atau ayunan sederhana merupakan suatu partikel massa yang tergantung pada suatu titik tetap pada seutas tali, di mana massa tali dapat diabaikan dan tali tidak dapat bertambah panjang. Contoh ayunan matematis ini adalah jam bandul.

Perhatikanlah Gambar 6.9a. Sebuah beban bermassa  $m$  tergantung pada seutas kawat halus kaku sepanjang  $l$  dan massanya dapat diabaikan. Apabila bandul itu bergerak vertikal dengan membentuk sudut  $\theta$ , seperti terlihat pada Gambar 6.9b, gaya pemulih bandul tersebut ialah  $mg \sin \theta$ . Secara matematis dapat dituliskan :

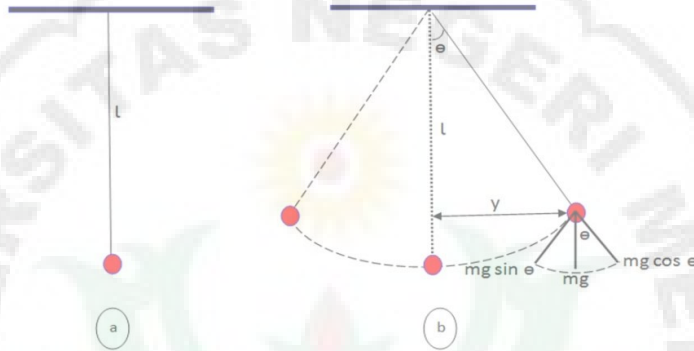
$$F = -mg \sin \theta \dots\dots\dots (6.12)$$



Oleh karena itu :

$$\sin \theta = \frac{Y}{l}$$

Persamaan (6.12) dapat ditulis sebagai berikut :



**Gambar 6.9** (a) Sebuah bandul digantungkan pada kawat halus sepanjang  $l$ . (b) Kemudian, bandul disimpangkan sejauh  $\theta$  sehingga gaya pemulih bandul adalah  $F = -mg \sin \theta = -mg (y/l)$

$$F = -mg \sin \theta = -mg \frac{Y}{l} \dots\dots\dots(6.13)$$

**Contoh 6.7**

Sebuah ayunan sederhana memiliki panjang tali = 40 cm dengan beban = 100 gram. Tentukanlah besar gaya pemulihnya jika benda disimpangkan sejauh 4 cm dan percepatan gravitasi di tempat itu = 10 m/s<sup>2</sup>.

**Solusi :**

Diketahui:  $l = 40$  cm,  $m = 100$  g,  $y = 4$  cm, dan  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. Besar gaya pemulih pada ayunan adalah :

$$F = -mg \sin \theta = -mg \frac{Y}{l} = (0,1kg)(10m/s^2) \left( \frac{4cm}{40cm} \right) = 0,1N$$

## D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS *ICARE (LKMB ICARE)*

### LKMB *ICARE* 6.1

#### A. *Introduction (I)*

**JUDUL** : Mengukur Pertambahan Panjang Pegas

**TUJUAN** : Untuk mengetahui hubungan gaya dan pertambahan panjang pegas

#### B. *Connecting (C)*

*Hukum Hooke menyatakan bahwa pertambahan panjang pegas sebanding dengan besar gaya yang dikerjakan pada pegas tersebut.*

#### C. *Applying (A)*

##### **Alat dan Bahan :**

1. Satu pegas dengan jarum penunjuk di ujungnya
2. Lima beban masing-masing 50 gram
3. Statif
4. Penggantung beban
5. Penggaris atau skala pengukur

##### **Prosedur Percobaan :**

1. Susunlah alat-alat percobaan seperti pada gambar.
2. Catatlah skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk saat pegas digantung tanpa beban.



3. Gantungkanlah beban 1 pada pegas, kemudian catat skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk.
4. Ulangi langkah ke-3 dengan menambahkan beban 2, beban 3, beban 4, dan beban 5.
5. Tuliskanlah hasil pencatatan skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk ke dalam tabel.
6. Kurangilah beban dari pegas satu per satu, kemudian tuliskan nilai skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk ke dalam tabel.
7. Hitunglah skala penunjukan rata-rata untuk setiap berat beban dan pertambahan panjang pegas yang dihasilkannya.
8. Plot grafik pertambahan panjang pegas terhadap berat beban.
9. Diskusikan hasil percobaan Anda kemudian laporkan.

Berat Beban (gram)	Penambahan Skala (cm)		Pembacaan Skala Rata-Rata	Pertambahan Panjang Pegas (cm)
	Penambahan Beban	Pengurangan Beban		

#### ***D. Reflecting (R)***

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan pengukuran pertambahan panjang pegas (percobaan hukum hooke):

1. Hal hal yang sudah dicapai melalui kegiatan pengukuran pertambahan panjang pegas:

.....  
.....  
.....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan kegiatan pengukuran pertambahan panjang pegas (aplikasi hukum hooke) :

.....  
.....  
.....

#### ***E. Extending (E)***

Anda telah melakukan pengukuran pertambahan panjang pegas, lanjutkan dengan melakukan percobaan menggunakan 3 pegas sejenis yang disusun secara seri dan paralel, rancanglah percobaannya dan buat laporannya.

## BAB VII FLUIDA



Berdasar wujud zat, terdapat zat padat, zat cair, dan zat gas. Di antara ketiga wujud zat tersebut ternyata zat cair dan zat gas dapat mengalir. Zat yang dapat mengalir disebut fluida. Dalam pembahasan ini, kita kelompokkan dalam dua kelompok yaitu fluida diam (fluida statis) dan fluida bergerak (fluida dinamis).

### A. FLUIDA STATIK

Fluida merupakan istilah untuk zat alir. Zat alir adalah zat yang mengalirkan seluruh bagian-bagiannya ke tempat lain dalam waktu yang bersamaan. Zat alir mencakup zat dalam wujud cair dan gas. Berdasarkan pergerakannya fluida ada dua



**Gambar 7.1** Air dalam gelas termasuk fluida statik

macam, yaitu fluida dinamik dan fluida statik. Sebelum mempelajari fluida dinamik kita pelajari fluida statik terlebih dahulu. Fluida statik adalah fluida yang tidak bergerak. Contoh fluida statik misalnya air di gelas, air di kolam renang, dan air danau. Fluida menurut sifat-sifatnya dibedakan menjadi dua, yaitu:

### **1. Fluida ideal**

Fluida ideal adalah fluida yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. tidak kompresibel (volumenya tidak berubah karena perubahan tekanan)
- b. berpindah tanpa mengalami gesekan (viskositasnya nol)

### **2. Fluida sejati**

Fluida sejati memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

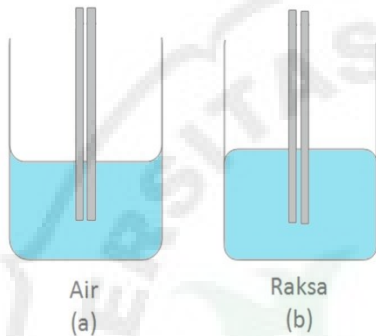
- a. Kompresibel
- b. berpindah dengan mengalami gesekan (viskositasnya tertentu)

Kita telah mempelajari konsep fluida statik dan ciri-ciri dari fluida ideal dan fluida sejati. Untuk lebih memahami konsep fluida statik, berikut ini kita akan membahas konsep kohesi dan adhesi.

#### **a. Kohesi dan Adhesi**

Mengapa setetes air yang jatuh di kaca bentuknya berbeda dengan air yang jatuh di sehelai daun talas? Hal ini terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antarmolekul. Gaya tarik-menarik antarmolekul ada dua macam, yaitu gaya kohesi dan gaya adhesi. Gaya kohesi adalah gaya tarik-menarik antarmolekul sejenis. Sedangkan gaya adhesi adalah gaya tarik-menarik antarmolekul yang tidak sejenis. Pada saat air bersentuhan dengan suatu benda maka molekul-molekul bagian luarnya akan tarik-menarik dengan molekul-molekul luar benda tersebut. Setetes air yang jatuh di kaca

bentuknya melebar karena gaya kohesi antarmolekul air lebih kecil daripada gaya adhesi antara molekul air dengan molekul kaca.

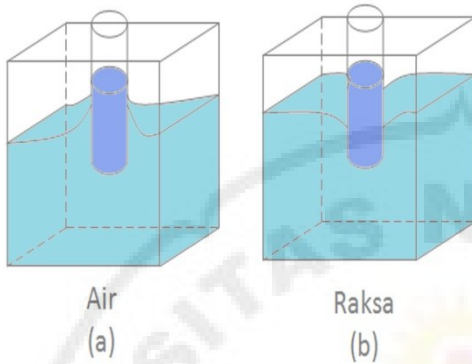


**Gambar 7.2** (a) Meniskus cekung, (b) meniskus cembung

Setetes air yang jatuh di atas daun talas bentuknya menyerupai bola karena gaya kohesi antarmolekul air lebih besar daripada gaya adhesi antara molekul air dengan molekul daun talas. Gaya kohesi maupun gaya adhesi memengaruhi bentuk permukaan zat cair dalam wadahnya. Misalnya dua buah tabung reaksi masing-masing diisi air dan air raksa. Apa yang terjadi? Permukaan air dalam tabung reaksi berbentuk cekung yang disebut meniskus cekung.

Sedangkan permukaan air raksa dalam tabung reaksi berbentuk cembung disebut meniskus cembung. Hal ini terjadi karena gaya adhesi antara molekul air dengan molekul kaca lebih besar daripada gaya kohesi antarmolekul air. Sedangkan gaya adhesi antara molekul air raksa dengan molekul kaca lebih kecil daripada gaya kohesi antarmolekul air raksa. Meniskus cembung maupun meniskus cekung menyebabkan sudut kontak antara bidang wadah (tabung) dengan permukaan zat cair berbeda besarnya. Meniskus cembung menimbulkan sudut kontak tumpul ( $> 90^\circ$ ), sedangkan meniskus cekung menimbulkan sudut kontak lancip ( $< 90^\circ$ ).

Gaya kohesi dan gaya adhesi juga berpengaruh pada gejala kapilaritas. Sebuah pipa kapiler kaca jika dicelupkan pada tabung berisi air maka air dapat naik ke dalam pembuluh kaca pipa kapiler. Sebaliknya, jika



pembuluh pipa kapiler dicelupkan pada tabung berisi air raksa maka air raksa di dalam pembuluh kaca pipa kapiler lebih rendah permukaannya dibandingkan permukaan air raksa dalam tabung.

Naiknya air dalam pembuluh pipa kapiler dikarenakan adhesi, sedangkan turunnya air raksa dalam pembuluh pipa kapiler dikarenakan kohesi. Perhatikan gambar 7.3! Pada pembuluh pipa kapiler yang berisi air permukaannya lebih tinggi karena gaya adhesinya lebih kuat daripada gaya kohesinya. Sedangkan pada pembuluh pipa kapiler yang berisi air raksa permukaannya lebih rendah karena kohesi air raksa lebih besar daripada gaya adhesi antara air raksa dengan kaca.

### b. Tegangan Permukaan

Gaya tarik-menarik antarmolekul zat cair tidak hanya menimbulkan gaya kohesi dan gaya adhesi saja, tetapi juga dapat menimbulkan tegangan permukaan. Tegangan permukaan adalah kecenderungan permukaan zat cair untuk meregang sehingga permukaannya seperti ditutupi oleh suatu lapisan elastis. Molekul-molekul yang berada pada lapisan ini selalu berusaha memperkecil luas permukaannya. Tegangan permukaan didefinisikan sebagai

perbandingan antara gaya tegangan permukaan dan panjang permukaan.

$$\gamma = \frac{F}{l} \dots\dots\dots(7.1)$$



**Keterangan:**

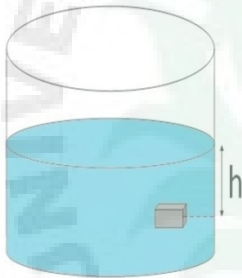
$\gamma$  : tegangan permukaan (N/m)

F : gaya tegangan permukaan (N)

l : panjang permukaan (m)

**c. Tekanan Hidrostatik**

Tekanan di dalam fluida yang diakibatkan oleh gaya gravitasi disebut tekanan hidrostatik.



**Gambar 7.5** Tekanan hidrostatik

Gambar 7.5 melukiskan suatu zat cair setinggi h dengan massa jenis  $\rho$  berada dalam wadah berbentuk silinder dengan luas penampang A. Tekanan yang diterima oleh dasar wadah disebabkan gaya gravitasi yang bekerja pada tiap bagian zat cair, yaitu berupa berat zat cair yang berada di atas dasar wadah.

Maka tekanan hidrostatik  $P_h$  yang bekerja pada dasar wadah berdasarkan konsep tekanan dinyatakan dengan:

$$P_h = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(7.3)$$

Dimana ,F menyatakan berat zat cair di atas dasar wadah ( $F = W = \rho \cdot V \cdot g$ )

$$P_h = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} \rightarrow \frac{V}{A} = h$$
$$P_h = \rho \cdot h \cdot g \dots\dots\dots(7.3)$$

$P_h$  = tekanan hidrostatik (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = massa jenis zat cair (Kg/m<sup>3</sup>)

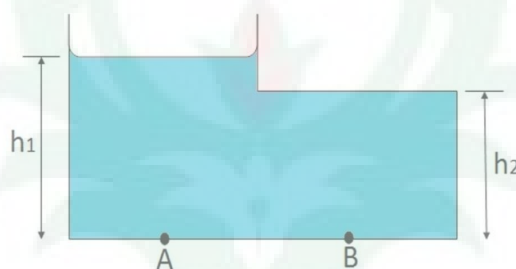
$h$  = kedalaman zat cair (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

Dari persamaan  $P_h = \rho \cdot g \cdot h$  didapat bahwa besar tekanan hidrostatik itu bergantung pada kedalaman zat cair.

### Hukum-Hukum Hidrostatika

Berdasarkan hukum pokok hidrostatik menyatakan "semua titik yang terletak pada suatu bidang datar di dalam suatu zat cair memiliki tekanan yang sama".

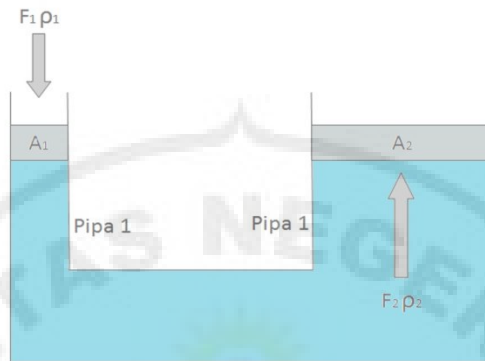


**Gambar 7.6** Hukum pokok hidrostatik

Dari Gambar 7.6 karena titik A dan titik B terletak pada dasar bejana yang berisi zat cair dengan massa jenis  $\rho$  dan ketinggian permukaan dari dasar bejana =  $h_1$ , maka tekanan di titik A sama dengan tekanan di titik B.  $P_A = P_B = \rho \cdot g \cdot h_1 \rightarrow h_1 =$  ketinggian permukaan zat cair dalam bejana.

#### 1. Hukum Pascal

Hukum Pascal menyatakan : “ Tekanan pada suatu titik akan diteruskan ke semua titik lain secara sama. Artinya, bila tekanan pada suatu titik dalam zat cair ditambah dengan suatu harga maka tekanan semua titik pada zat cair ditambah dengan suatu harga, maka semua titik di tempat lain pada zat cair yang sama akan bertambah dengan harga yang sama pula.



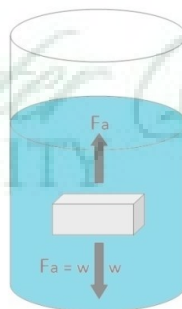
**Gambar 7.7** Hukum pascal pada pipa U

Pada prinsipnya pengungkit hidrostatik dapat dibuat berdasarkan hukum Pascal. Terlihat pada gambar 7.7 adalah pipa U dengan luas penampang kedua kainya berbeda. Pada penampang  $A_1$  diberi gaya  $F$ . Dengan demikian akan ada penambahan tekanan sebesar  $\frac{F}{A_1}$ . Tekanan ini tentunya akan diteruskan ke piston yang luas penampang  $A_2$  menurut hukum pascal sama besar. Yaitu :

$$F_1 = \frac{F_1 A_1}{A_2} \dots\dots\dots(7.5)$$

**2. Hukum Archimedes**

Hukum Archimedes mengatakan bahwa : Setiap benda yang berada di dalam suatu fluida, maka benda itu akan mengalami gaya keatas yang disebut gaya apung seberat zat cair yang dipindahkannya.



**Gambar 7.8** Balok dalam zat cair

Dari gambar 7.8 berat zat cair yang dipindahkan oleh balok, apabila rapat massa benda tersebut sama dengan  $\rho'$ , maka berat benda adalah

$$\rho = gV \dots\dots\dots(7.6)$$

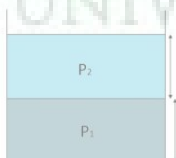
Jika rapat massa fluida lebih kecil dari pada rapat massa balok maka agar balok berada dalam keadaan setimbang, volume zat cair yang dipindahkan harus lebih kecil dari pada volume balok. Artinya balok tidak seluruhnya terendam dalam cairan. Dengan kata lain balok mengapung. Agar benda melayang maka volume zat cair yang dipindahkan harus sama dengan volume balok dan rapat massa cairan sama dengan rapat massa balok. Agar benda jatuh tenggelam harus rapat massa balok lebih besar dari pada rapat massa fluida sehingga benda akan mengalami gaya total ke bawah yang tidak sama dengan nol.

Hukum Archimedes ini digunakan untuk membuat balon udara dan kapal selam. Dalam hal balon udara, balon diisi dengan udara panas atau gas yang lebih ringan dari pada udara. Dalam kapal selam, isi air dalam kapal tersebut diatur agar rapat massa rata-rata kapal terdiri dari besi, udara dan air beserta isi kapal yang lain besarnya sama dengan rapat massa air laut agar kapal dapat melayang dilaut.

**Contoh 7.1**

Sebuah tabung yang luas penampangnya  $10 \text{ cm}^2$ , diisi raksa setinggi  $10 \text{ cm}$  dan air setinggi  $50 \text{ cm}$  dari permukaan raksa. Jika massa jenis raksa  $13,6 \text{ gr/cm}^3$ , massa jenis air  $1 \text{ gr/cm}^3$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka hitunglah:

- a) tekanan hidrostatik pada dasar tabung
- b) gaya hidrostatik dalam tabung



*Penyelesaian*

Diketahui :  $A = 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$

$h_1 = 10 \text{ cm} = 10^{-1} \text{ m}$

$$h_2 = 50 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$\rho_1 = 13,6 \text{ gr/m}^3$$

$$= 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya : a)  $P_h$

b)  $F_h$

Jawab:

$$a) \quad P_h = P_1 + P_2$$

$$P_h = \rho_1 \cdot h_1 \cdot g + \rho_2 \cdot h_2 \cdot g$$

$$P_h = 13,6 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3$$

$$P_h = 18,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$b) \quad F_h = P_h \cdot A$$

$$F_h = 18,6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}$$

$$F_h = 18,6 \text{ N}$$

### Contoh 7.2

Luas penampang piston A adalah  $800 \text{ cm}^2$  diberi beban  $400 \text{ kg}$ , sedangkan luas penampang piston B adalah  $20 \text{ cm}^2$ . Dimana bejana tersebut berisi oli yang massa jenisnya  $0,80 \text{ gram/cm}^3$ . Besar gaya tekan  $F$  yang diberikan agar mesin dalam keadaan setimbang adalah:

Penyelesaian :

$$\frac{w}{A_1} = \frac{F}{A_2} + \rho g h$$

$$\frac{400}{8 \cdot 10^{-2}} = \frac{F}{2 \cdot 10^{-3}} + 800 \cdot 10 \cdot 0,8$$

$$5 \cdot 10^4 = \frac{F}{2 \cdot 10^{-3}} + 4,8 \cdot 10^4$$

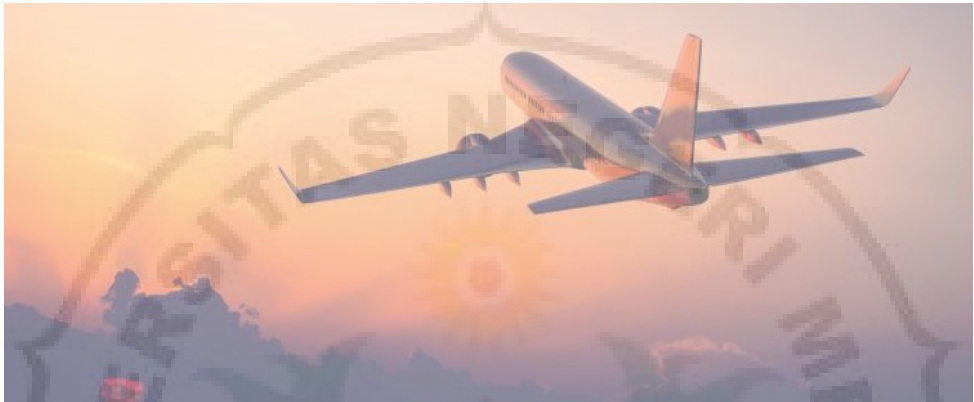
$$5 \cdot 10^4 - 4,8 \cdot 10^4 = \frac{F}{2 \cdot 10^{-3}}$$

$$0,2 = \frac{F}{2 \cdot 10^{-3}}$$

$$F = 0,2 \times 2 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 400 \text{ N}$$

## B. FLUIDA DINAMIK



*Gambar 7.9 pesawat terbang*

Dalam bab ini akan dibahas sebagian gerak fluida. Fluida merupakan sesuatu sistem dengan distribusi massa yang kontiniu, jadi merupakan suatu medan. Permasalahan dinamika fluida dapat diselesaikan dengan menggunakan hukum-hukum Newton yang non relativistik. Ada suatu cara yang dikembangkan oleh Leonhard Euler (1707-1783), yang lebih mudah digunakan untuk kebanyakan tujuan. Kita menjelaskan gerak fluida dengan mensfesifikasikan massa jenis  $\rho(x,y,z,t)$  dan kecepatan  $v(x,y,z,t)$  di titik  $(x,y,z)$  pada waktu  $t$ .

### 1) Konsep fluida ideal

Dalam hal ini, yang dimaksud dengan fluida secara umum adalah fluida ideal, yaitu fluida yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

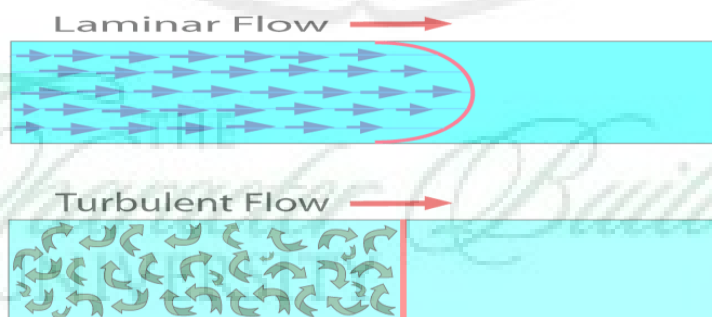
1. Massa jenis fluida tidak bergantung pada tekanan (tidak kompresibel). Berbeda dengan gas, pada umumnya gas bersifat kompresibel, jika volume gas dipersempit atau tekanan diperbesar, maka massa jenis berubah.
2. Aliran fluida tidak turbulen, atau dengan kata lain aliran fluida dianggap laminer (streamline).

3. Aliran fluida terjadi secara stasioner, artinya kecepatan pada setiap titik dalam fluida adalah konstan.
4. Fluida tidak kental, sehingga semua gesekan yang muncul akibat viskositas fluida diabaikan.

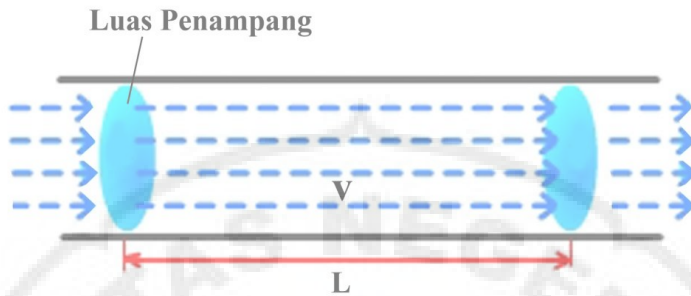
Dengan asumsi, fluida tidak termampatkan, tidak kental, dan memiliki aliran tunak atau tetap, inilah kemudian diturunkan semua persamaan yang berkaitan dengan fluida dinamis.

## 2) Konsep aliran fluida

Setiap partikel dalam fluida dinamis, akan bergerak menurut jenis aliran tertentu. Lintasan yang ditempuh oleh satu partikel dalam fluida yang mengalir dinamakan garis alir (flow line). Ada dua jenis aliran fluida: (a) aliran laminer atau aliran garis arus (streamline), dan (b) aliran turbulen. Pada aliran tunak kecepatan aliran partikel fluida pada setiap titik konstan terhadap waktu, sehingga partikel-partikel fluida yang lewat pada suatu titik akan bergerak dengan kecepatan dan arah yang sama, lintasan yang ditempuh oleh aliran fluida ini dinamakan garis arus. Nama lain dari garis arus adalah aliran berlapis atau aliran laminer. Pada aliran turbulen ditandai dengan adanya aliran yang berputar, adanya partikel yang bergerak dengan arah yang berlawanan dengan arah laju fluida secara keseluruhan.



*Gambar 7.10 Aliran Laminer dan Aliran Turbulen*



**Gambar 7.11.** Aliran Fluida dalam Pipa

### 3) Konsep debit fluida

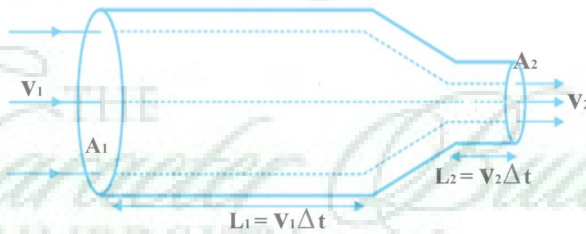
Debit fluida didefinisikan sebagai besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tertentu dalam satuan waktu tertentu. Debit fluida adalah nama lain dari laju aliran fluida, dan secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume Fluida}}{\text{Selang waktu}}$$

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(7.7)$$

Gambar berikut menunjukkan hubungan antara debit aliran, luas penampang dan kecepatan aliran fluida pada jarak L atau s.

### 4) Persamaan Kontinuitas



**Gambar 7.12** Hukum Kontinuitas Aliran

Untuk fluida tidak kompresibel (tidak termampatkan), debit aliran Q untuk berbagai ukuran penampang harus tetap sama, jika tidak berarti terjadi



penambahan atau pengurangan banyaknya fluida disuatu tempat. Hal ini tidak akan terjadi untuk fluida yang tidak kompresibel.

### Contoh 7.2

Sebuah pipa dalam waktu 1 menit mampu mengeluarkan air sebanyak 6 liter. Berapa  $\text{m}^3/\text{s}$  debit alirannya?

Penyelesaian :

$$V = 6 \text{ liter} = 0,006 \text{ m}^3$$

$$t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ s}$$

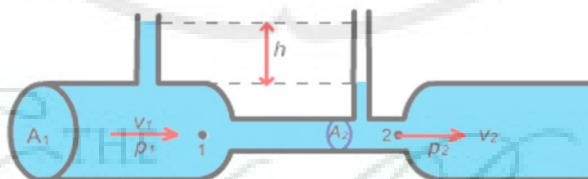
$$Q = \dots?$$

$$Q = V.t$$

$$= 0,006 \times 60 \text{ s} = 0,036 \text{ m}^3$$

### 5) Azas Bernoulli

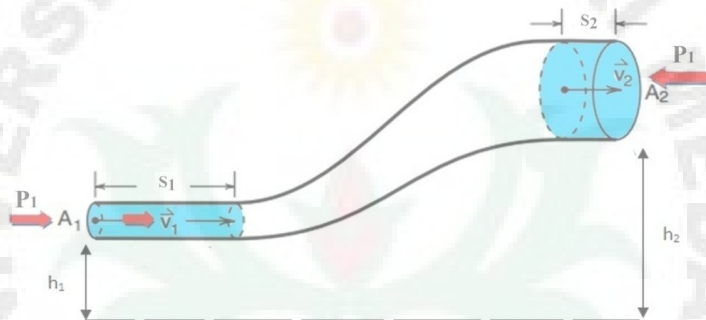
Bila kita mengalirkan zat cair pada sebuah pipa seperti ditunjukkan pada gambar 10.4 dibawah ini. Kita akan memperoleh bahwa kecepatan zat cair paling tinggi adalah di titik 2 karena luas penampang paling sempit. Akan tetapi kenaikan air pada tabung 2 justru yang paling rendah. Ini berarti bahwa tekanan zat cair di bawah tabung 2 adalah paling kecil.



Gambar 7.13 Pipa Venturi Manometer Terbuka

Azas Bernoulli dinyatakan secara kuantitatif dalam bentuk persamaan, yang disebut dengan persamaan Bernoulli. Persamaan ini menyatakan hubungan antara tekanan, kecepatan dan tinggi rendah letak berbagai titik

dalam aliran fluida. Tinjau ilustrasi pada gambar 7.14 dibawah, maka berdasarkan konsep usaha dan energi mekanik yang melibatkan besaran tekanan P, besaran kecepatan aliran fluida v mewakili energi kinetik, dan besaran ketinggian mewakili energi potensial, Bernoulli menurunkan persamaan matematis, yang dikenal dengan Persamaan Bernoulli, sebagai berikut :



**Gambar 7.14** Azas Bernoulli

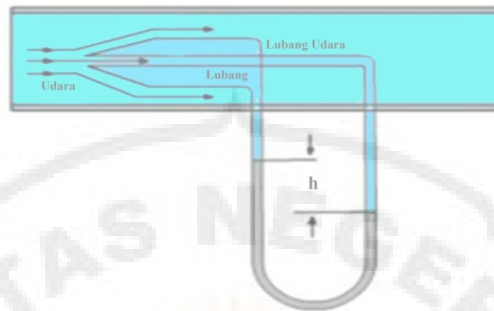
berlaku persamaan :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \dots\dots\dots(7.8)$$

## 6) Penerapan Azas Bernoulli

### a. Tabung Pitot

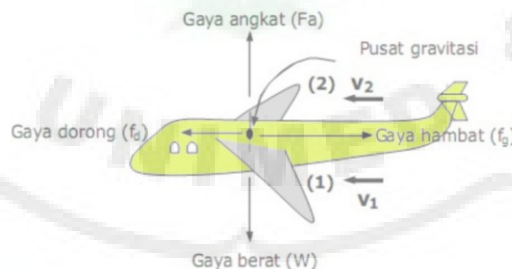
Tabung pitot adalah alat yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas, yang terdiri dari suatu tabung, tabung luar dengan dua tabung dan tabung dalam dengan satu lubang yang dihubungkan dengan manometer. Aliran-aliran udara masuk melalui lubang 1 dan 2 menuju manometer. Sehingga terjadi perbedaan ketinggian h zat cair dalam manometer air raksa,hg.



**Gambar 7.15** Tabung Pitot

Aliran gas/udara yang melalui tabung dalam semakin kekanan berkurang sehingga terhenti, ketika sampai pada lubang 2, karena lubang tabung tegak lurus terhadap manometer, sehingga  $v_2 = 0$ . Beda ketinggian antara lubang 1 dan 2 dapat diabaikan, sehingga  $h_a - h_b = 0$ . Dengan menggunakan persamaan Bernoulli sehingga dapat ditentukan kecepatan gas atau udara yang melewati tabung Pitot.

**b. Gaya angkat sayap Pesawat Terbang**



**Gambar 7.16** Gaya-gaya yang Bekerja pada Pesawat Terbang

Ada empat macam gaya yang bekerja pada sebuah pesawat terbang yang sedang mengalami perjalanan di angkasa gambar 7.16. diantaranya :

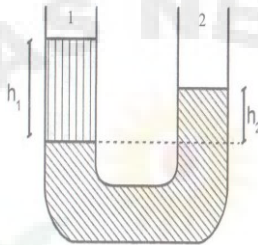
1. Gaya angkat ( $F_a$ ), yang dipengaruhi oleh desain pesawat.
2. Gaya berat ( $W$ ), yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi.
3. Gaya dorong ( $F_d$ ), yang dipengaruhi oleh gesekan udara
4. Gaya hambat ( $F_g$ ), yang dipengaruhi oleh gesekan Udara.

## Soal-Soal Latihan

### A. Pilihan Ganda

1. Yang dimaksud dengan fluida adalah . . .
  - a. zat yang dapat berpindah
  - b. benda yang dapat menggelinding
  - c. zat yang dapat mengalir
  - d. tempat mengalirnya suatu zat
  - e. gaya tiap satuan luas
2. Semakin besar luas penampang suatu benda, maka tekanannya . . .
  - a. semakin besar
  - b. semakin kecil
  - c. bertambah kemudian berkurang
  - d. tetap
  - e. menghilang
3. Sebuah benda seberat 80 N diletakkan di atas meja. Jika luas alas penampang benda tersebut  $50 \text{ cm}^2$ , besar tekanan yang diberikan oleh benda tersebut kepada meja adalah...
  - a. 16.000 Pa
  - b. 1.600 Pa
  - c. 4.000 Pa
  - d. 40.000 Pa
  - e. 130 Pa
4. Berapa besarnya kekuatan yang menggerakkan sebuah perahu layar bila tekanan angin  $0,4 \text{ Pa}$  dan luas layar yang mengembang  $10 \text{ m}^2$  ?
  - a.  $0,4 \text{ N}$
  - b.  $1,4 \text{ N}$
  - c.  $4,0 \text{ N}$
  - d.  $14 \text{ N}$

- e. 40 N
5. Pada gambar pipa U berikut, jika zat cair 1 memiliki massa jenis  $800 \text{ kg/m}^3$  zat cair 2 memiliki massa jenis  $1000 \text{ kg/m}^3$ , dan tinggi zat cair 1 adalah  $12 \text{ cm}$ , maka tinggi zat cair 2 adalah . . .

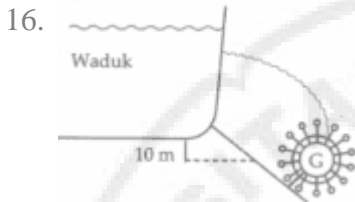


- a. 4,2 cm  
 b. 6,8 cm  
 c. 7,2 cm  
 d. 9,6 cm  
 e. 10,2 cm
6. Sebuah pipa U berisi air dan minyak. Tinggi kolom minyak dan air pada kedua kaki adalah  $10 \text{ cm}$  dan  $8 \text{ cm}$ . Bila massa jenis air  $1.000 \text{ kg/m}^3$ , maka massa jenis minyak adalah ....
- a.  $500 \text{ kg/m}^3$   
 b.  $580 \text{ kg/m}^3$   
 c.  $800 \text{ kg/m}^3$   
 d.  $550 \text{ kg/m}^3$   
 e.  $600 \text{ kg/m}^3$
7. Sebuah benda volumenya  $0.05 \text{ m}^3$  dimasukkan ke dalam zat cair yang massa jenisnya  $1100 \text{ kg/m}^3$ , jika percepatan gravitasi  $10 \text{ m/s}^2$ , maka benda itu akan mengalami gaya angkat sebesar . . .
- a. 500 N  
 b. 550 N  
 c. 1000 N  
 d. 1500 N  
 e. 5500 N
8. Dalam suatu zat cair yang massa jenisnya  $1000 \text{ kg / m}^3$  terdapat suatu benda dengan volume tertentu. Jika gaya angkat yang dialami  $2000 \text{ N}$ , besarnya volume benda tersebut adalah . . . ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- a.  $0,02 \text{ m}^3$   
 d.  $2 \text{ m}^3$

- b.  $0,2\text{ m}^3$  e.  $20\text{ m}^3$
- c.  $1\text{ m}^3$
9. Suatu benda saat di udara beratnya 12 N. Jika saat ditimbang di dalam zat cair, beratnya menjadi 10 N, besarnya gaya angkat yang dialami benda tersebut adalah . . .
- a. 2 N  
b.  $-2\text{ N}$   
c. 22 N  
d. 120 N  
e. 10 N
10. Sebongkah batu memiliki volume  $15\text{ cm}^3$  dan massa 27 gram. Maka massa jenis batu adalah ....
- a.  $1,3\text{ g/cm}^3$   
b.  $2\text{ g/cm}^3$   
c.  $15/10\text{ g/cm}^3$   
d.  $8\text{ g/cm}^3$   
e.  $28/15\text{ g/cm}^3$
11. Suatu zat cair dialirkan melalui pipa. Jika luas penampang  $A_1 = 10\text{ cm}^2$ ,  $A_2 = 4\text{ cm}^2$ , dan laju zat cair  $v_2 = 4\text{ ms}^{-1}$ , maka besar  $v_1$  adalah...
- a.  $0,6\text{ ms}^{-1}$   
b.  $1,0\text{ ms}^{-1}$   
c.  $1,6\text{ ms}^{-1}$   
d.  $2,0\text{ ms}^{-1}$   
e.  $2,4\text{ ms}^{-1}$
12. Cairan mengalir melalui pipa berdiameter 5 cm pada kelajuan 4,0 m/s. Ada penyempitan dengan diameter 2 cm dalam saluran pipa. Kecepatan cairan dalam penyempitan ini adalah...
- a. 0,27 m/s

- b. 1,1 m/s  
c. 11 m/s  
d. 64 m/s  
e. 76 m/s
13. Sebuah pipa dengan luas penampang  $616 \text{ cm}^2$  dipasang keran berjari-jari 3,5 cm di salah satu ujungnya. Jika kecepatan zat cair di pipa adalah 0,5 m/s, maka dalam waktu 5 menit volume zat cair yang keluar dari keran adalah...
- a.  $10,2 \text{ m}^3$   
b.  $9,24 \text{ m}^3$   
c.  $8,29 \text{ m}^3$   
d.  $6,72 \text{ m}^3$   
e.  $5,2 \text{ m}^3$
14. Perhatikan alat-alat berikut :
1. Gaya angkat pesawat
  2. Semprotan obat nyamuk
  3. Kapal laut tidak tenggelam di air
  4. Pengukuran suhu dengan termometer
- Alat yang berkaitan dengan penerapan hukum Bernoulli adalah...
- a. 1,2,3,dan 4  
b. 1,2, dan 3  
c. 1 dan 2  
d. 3 dan 4  
e. 4 saja
15. Debit air yang keluar dari pipa yang luas penampangnya  $4 \text{ cm}^2$  sebesar  $100 \text{ cm}^3/\text{s}$ . Kecepatan air yang keluar dari pipa tersebut adalah ....
- a. 25 m/s  
b. 2,5 m/s

- c. 0,25 m/s
- d. 4 m/s
- e. 0,4 m/s



Pada gambar tersebut, G adalah generator 1.000 W yang digerakan dengan kincir angin, generator hanya menerima energi sebesar 80% dari air. Bila generator dapat bekerja normal, maka debit air yang sampai kekincir air adalah ....

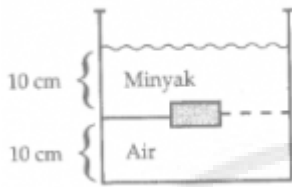
- a. 12,5 L/s
  - b. 12 L/s
  - c. 27,5 L/s
  - d. 125 L/s
  - e. 250 L/s
17. Sebuah selang karet menyembrotkan air vertikal ke atas sejauh 4,05 meter. Bila luas ujung selang adalah  $0,8 \text{ cm}^2$ , maka volume air yang keluar dari selang selama 1 menit adalah ... liter
- a. 43,2
  - b. 37,5
  - c. 31,5
  - d. 26,4
  - e. 15,1
18. Hukum Bernoulli didasarkan pada hukum ...
- a. I Newton
  - b. II Newton
  - c. III Newton
  - d. kekekalan energy
  - e. kekekalan momentum
19. Minyak mengalir melalui sebuah pipa bergaris tengah 8 cm dengan kecepatan rata-rata 3 m/s. Cepat aliran dalam pipa sebesar ....
- a.  $15,1 \text{ m}^3/\text{s}$



- b. 151 liter/s
  - c. 1,51 liter/s
  - d.  $1,51 \text{ m}^3/\text{s}$
  - e.  $1,51 \text{ m}^3/\text{s}$
20. Benda-benda berikut ini bekerja berdasarkan prinsip hukum Bernoulli, kecuali ....
- a. pipa ventur
  - b. pipa pitot
  - c. penyemprot serangga
  - d. karburator
  - e. galangan kapal

### B. Essay

1. Tinjau sebuah tangki air terbuka memiliki kedalaman 2m. Sebuah lubang dengan luas penampang  $0,2 \text{ cm}^2$  terdapat pada dasar tangki. Tentukan massa air permenit yang mula-mula akan keluar dari tangki ?
2. Debit air yang melalui sebuah lubang terletak 8 m di bawah permukaan air pada sebuah bak yang luasnya  $50 \text{ cm}^2/\text{s}$ . Hitunglah debit air melalui lubang tersebut, jika di atas permukaan air diberi tambahan tekanan  $2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ !
3. Tinjau sebuah venturimeter yang dilengkapi dengan manometer digunakan untuk mengukur laju aliran zat cair dalam sebuah tabung, jika diketahui beda tekanan diantara pipa utama dengan pipa yang menyempit  $10,5 \times 10^4 \text{ Pa}$ , dan jika luas penampang pipa utama dan menyempit masing-masing  $4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ . tentukanlah:
  - a. Kelajuan air yang mengalir pada pipa yang menyempit
  - b. Berapa beda ketinggian kedua kaki manometer.
4. Perhatikan gambar berikut ini!



Tentukan kecepatan aliran air pada penampang 1!

5. Sebuah tangki air setinggi  $h$  meter dari tanah. Pada tangki terdapat lubang kebocoran yang luas penampangnya  $10 \text{ cm}^2$  dan lubang tersebut berada  $4 \text{ m}$  dibawah permukaan air, jika kecepatan semburan air pada lubang bocoran  $v = 310 \text{ m/s}^2$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$

Tentukan :

- Ketinggian permukaan dari dasar tangki
- debit aliran air pada lubang bocoran

## C. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS ICARE (LKMB ICARE)

### LKMB ICARE 7.1

#### A. Introduction (I)

**JUDUL** : Hukum Pascal

**TUJUAN** : Siswa dapat memahami hubungan antara perbandingan luas kedua penampang dongkrak hidrolik dengan gaya yang diperlukan untuk mengangkat beban

#### B. Connecting (C)

Pernyataan Hukum Pascal dapat dijelaskan dengan mengamati perilaku zat cair di dalam bejana berhubungan. Jika pada pengisap I diberi gaya tekan  $F_1$  maka tekanan yang dihasilkan akan diteruskan ke pengisap II

$$p_1 = p_2 \quad \longrightarrow \quad \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

#### C. Applying (A)

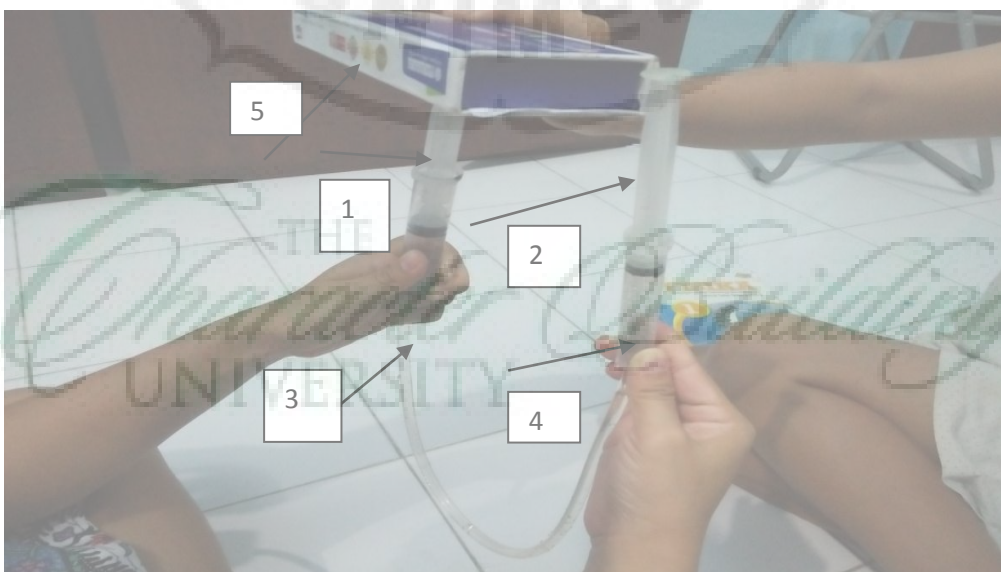
##### Alat dan Bahan

No	Alat dan bahan	Jumlah
1	Suntikan besar	1 buah
2	Suntikan kecil	1 buah
3	Selang	20 cm
4	Air	Secukupnya

5	Beban	3buah
---	-------	-------

### Prosedur Kerja

1. Sediakan alat dan bahan yang dibutuhkan
2. Rangkai alat sedemikian rupa menyerupai gambar
3. Isilah selang dan suntikan kecil dengan air sampai penuh.
4. Doronglah suntikan kecil dengan beban dan perhatikan tekanan dan perubahan yang terjadi pada suntikan besar .
5. Doronglah suntikan besar dengan beban yang sama dan perhatikan tekanan dan perubahan yang terjadi suntikan kecil.
6. Ulangi langkah 4 dan 5 dengan memvariasikan beban.
7. Tuliskan hasil pengamatanmu pada tabel pengamatan
8. Isilah selang dan suntikan kecil dengan air sampai penuh.
9. Doronglah suntikan kecil dengan beban dan perhatikan tekanan dan perubahan yang terjadi pada suntikan besar .
10. Doronglah suntikan besar dengan beban yang sama dan perhatikan tekanan dan perubahan yang terjadi suntikan kecil



11. Ulangi langkah 4 dan 5 dengan memvariasikan beban.
12. Tuliskan hasil pengamatanmu pada tabel pengamatan.

#### ***D. Reflecting (R)***

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan percobaan hukum pascal:

1. Hal hal yang sudah dicapai melalui kegiatan percobaan hukum pascal:

.....  
.....  
.....

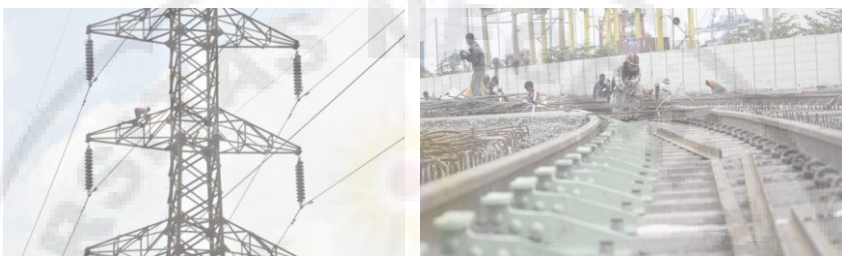
2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan kegiatan percobaan hukum pascal :

.....  
.....

#### ***E. Extending (E)***

Setelah melakukan percobaan untuk hukum pascal, rancanglah percobaan sederhana dengan menggunakan prinsip yang sama, kemudian buatlah laporan.

## BAB VIII SUHU DAN KALOR



(a) Kabel Listrik

(b) Rel Kereta Api

**Gambar 8.1** Pengaruh kalor pada kehidupan sehari-hari.

Pada kehidupan sehari-hari, Anda sering mendengar istilah ‘panas’ dan ‘dingin’. Di siang hari udara terasa panas dan pada malam hari udara terasa dingin. Segelas air es yang ada di meja akan terasa dingin dan nasi yang berada dalam penghangat nasi terasa panas. Keadaan derajat panas dan dingin yang di alami suatu benda atau keadaan dinamakan suhu. Suhu yang dialami pada suatu benda tergantung energi panas yang masuk pada benda tersebut. Benda dikatakan panas jika bersuhu tinggi sedang benda dikatakan dingin jika bersuhu rendah.

Pada umumnya benda yang bersuhu tinggi (panas), akan mengalirkan suhunya ke benda yang memiliki suhu lebih rendah. Air panas yang dicampur dengan air dingin akan menjadi air hangat. Hal ini berarti ada sesuatu yang berpindah atau masuk pada air dingin, yaitu panas atau kalor. Air hangat merupakan keseimbangan antara suhu panas dan dingin. Kalor sangat berperan dalam kehidupan sehari-hari. Mengapa kabel listrik terlihat kendur di siang hari, rel kereta api diberi rongga pada sambungannya, demikian juga dalam pemasangan kaca pada jendela. Hal ini tidak terlepas

dari pengaruh kalor. Pada bab ini, akan menjelaskan tentang pengaruh kalor terhadap zat, cara perpindahan kalor, dan penerapan asas Black.

## A. SUHU

**Suhu adalah** besaran fisika yang hanya dapat dirasakan. Tubuh kita dapat merasakan suhu dalam bentuk rasa panas atau dingin. Ketika menyentuh es, otak memberikan informasi rasa dingin. Ketika berada di terik matahari, otak memberikan informasi rasa panas. Tampak di sini bahwa suhu adalah ukuran derajat panas suatu benda.

Kenapa pada suhu lebih tinggi benda menjadi lebih panas? Pada suhu lebih tinggi atom-atom atau molekul-molekul penyusun benda bergetar lebih kencang. Akibatnya, energi yang dimiliki partikel menjadi lebih tinggi. Ketika kita menyentuh benda tersebut maka akan terjadi perpindahan energi dari partikel benda ke tangan kita. Akibatnya tangan merasakan lebih panas.

Pada saat udara panas, molekul-molekul udara bergerak lebih kencang. Molekul-molekul ini menumbuk kulit kita lebih kencang sehingga kita merasakan lebih panas. Sebaliknya, pada saat udara dingin, molekul-molekul di udara bergerak lebih lambat. Molekul-molekul di kulit kita justru bergetar lebih kencang. Ketika udara dingin bersentuhan dengan kulit maka sebagian energi yang dimiliki atom-atom di kulit berpindah ke atom-atom di udara. Getaran atom kulit menjadi lebih lambat sehingga kulit merasakan dingin.

### a. Pengukuran Suhu

Apabila dua benda berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga maka keduanya berada dalam kesetimbangan termal. Pernyataan seperti ini dikenal sebagai hukum ke nol termodinamika, yang sering mendasari pengukuran temperatur. Materi mengenai termodinamika akan Anda pelajari lebih mendalam di Kelas XI. Berdasarkan prinsip ini, jika Anda ingin mengetahui apakah dua benda memiliki temperatur yang sama

maka kedua benda tersebut tidak perlu disentuh dan diamati perubahan sifatnya terhadap waktu, yang perlu dilakukan adalah mengamati apakah kedua benda tersebut, masing-masing berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga? Benda ketiga tersebut adalah termometer.

Benda apapun yang memiliki sedikitnya satu sifat yang berubah terhadap perubahan temperatur dapat digunakan sebagai termometer. Sifat semacam ini disebut sebagai sifat termometrik (*thermometric property*). Senyawa yang memiliki sifat termometrik disebut senyawa termometrik. Temperatur zat yang diukur sama besarnya dengan skala yang ditunjukkan oleh termometer saat terjadi kesetimbangan termal antara zat dengan termometer. Jadi, temperatur yang ditunjukkan oleh termometer sama dengan temperatur zat yang diukur.

Zat cair yang umum digunakan dalam termometer adalah air raksa. Hal ini dikarenakan air raksa memiliki keunggulan dibandingkan zat cair lainnya. Keunggulan air raksa dari zat cair lainnya, yaitu

1. dapat menyerap panas suatu benda yang akan diukur sehingga temperature air raksa sama dengan temperatur benda yang diukur,
2. dapat digunakan untuk mengukur temperatur yang rendah hingga temperatur yang lebih tinggi karena air raksa memiliki titik beku pada temperatur  $-39^{\circ}\text{C}$  dan titik didihnya pada temperatur  $357^{\circ}\text{C}$
3. tidak membasahi dinding tabung sehingga pengukurannya menjadi lebih teliti
4. pemuaian air raksa teratur atau linear terhadap kenaikan temperatur, kecuali pada temperatur yang sangat tinggi.
5. mudah dilihat karena air raksa dapat memantulkan cahaya.

Selain air raksa, dapat juga digunakan alkohol untuk mengisi tabung termometer. Akan tetapi, alkohol tidak dapat mengukur temperatur yang tinggi karena titik didihnya  $78^{\circ}\text{C}$ , namun alkohol dapat mengukur



temperature yang lebih rendah karena titik bekunya pada temperatur  $-144^{\circ}\text{C}$ . Jadi, termometer yang berisi alkohol baik untuk mengukur temperatur yang rendah, tetapi tidak dapat mengukur yang lebih tinggi.

### b. Skala Suhu

Pertanyaan berikutnya adalah berapakan suhu es yang sedang mencair? Berapakah suhu air yang sedang mendidih? Agar semua orang di seluruh dunia menyimpulkan nilai suhu yang sama maka perlu ditetapkan skala suhu secara internasional. Banyak skala suhu yang telah diusulkan para ahli. Di sini kita akan bahas beberapa saja.

### Skala Reamur

Pada saat menetapkan skala suhu, maka orang perlu menentukan dua peristiwa di mana suhunya ditetapkan terlebih dahulu. Dua peristiwa tersebut harus dapat dihasilkan ulang secara mudah dan teliti. Dua peristiwa yang sering digunakan sebagai acuan penetapan adalah peleburan es pada tekanan satu atmosfer dan air mendidih pada tekanan satu atmosfer (Gambar 8.2). Suhu peleburan es pada tekanan satu atmosfer sering disebut titik acuan bawah dan suhu didih air pada tekanan satu atmosfer sering disebut titik acuan atas.



(a)



(b)

**Gambar 8.2** (kiri) Suhu es yang melebur pada tekanan satu atmosfer dipilih sebagai titik acuan bawah dan (kanan) suhu air mendidih pada tekanan satu atmosfer dipilih sebagai titik acuan atas.

Skala suhu Reamur ditetapkan sebagai berikut.

- I. Suhu es murni yang sedang melebur pada tekanan satu atmosfer ditetapkan sebagai suhu 0 derajat.
- II. Suhu air murni yang sedang mendidih pada tekanan satu atmosfer diterapkan sebagai suhu 80.

Jadi, ketika kita memanaskan es yang sedang melebur sehingga menjadi air yang sedang mendidih pada tekanan 1 atmosfer (udara terbuka) maka kita menaikkan suhu sebesar 80 derajat skala Reamur, atau 80 °R.

### **Skala Celcius**

Cara penetapan skala suhu Celcius tidak beda jauh dengan cara penentuan skala suhu Reamur. Skala suhu Celcius ditetapkan sebagai berikut.

- I. Suhu es murni yang sedang melebur pada tekanan satu atmosfer ditetapkan sebagai suhu 0 derajat
- II. Suhu air murni yang sedang mendidih pada tekanan satu atmosfer diterapkan sebagai suhu 100.

Jadi, ketika kita memanaskan es yang sedang melebur sehingga menjadi air yang sedang mendidih pada tekanan 1 atmosfer kita menaikkan suhu sebesar 100 derajat skala Celcius, atau 100 °C.

### **Skala Fahrenheit**

Penetapan skala suhu Fahrenheit sedikit berbeda dengan penetapan skala Celcius dan Reamur. Skala suhu Fahrenheit ditetapkan sebagai berikut

- I. Suhu es murni yang sedang melebur pada tekanan satu atmosfer ditetapkan sebagai suhu 32 derajat
- II. Suhu air murni yang sedang mendidih pada tekanan satu atmosfer diterapkan sebagai suhu 212.

Jadi, ketika kita memanaskan es yang sedang melebur sehingga menjadi air yang sedang mendidih pada tekanan 1 atmosfer maka kita menaikkan suhu sebesar  $(212 - 32) = 180$  derajat skala Fahrenheit, atau  $180^{\circ}\text{F}$ .

### Skala Kelvin

Jika suhu zat terus didinginkan maka zat tersebut akan berubah wujud dari gas menjadi cair, lalu berubah menjadi padat. Jika diturunkan terus menerus maka getaran atom-atom dalam zat makin lambat. Ketika diturunkan lagi maka atom-atom zat tidak bergerak lagi. Untuk semua zat yang ada di alam semesta didapatkan bahwa suhu ketika semua partikel tidak bergerak lagi sama dengan  $-273^{\circ}\text{C}$ .

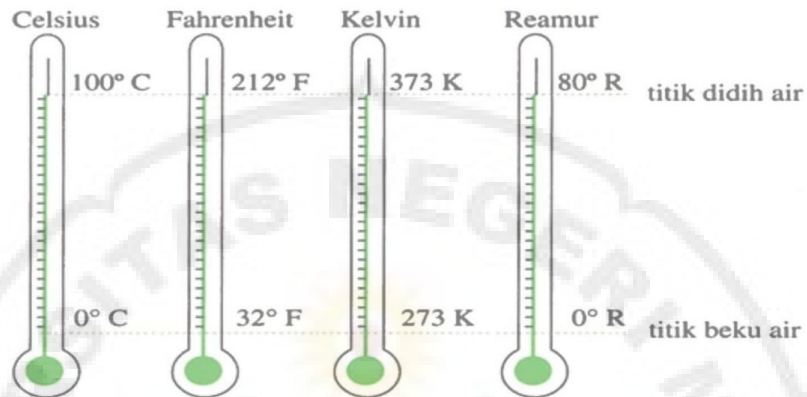
Skala suhu Kelvin ditetapkan sebagai berikut.

- I. Suhu ketika partikel-partikel zat di alam semesta tidak bergerak lagi dipilih sebagai titik acuan bawah. Suhu titik acuan bawah ini diambil sebagai nol derajat mutlak atau nol kelvin.
- II. Besar kenaikan suhu untuk tiap kenaikan skala kelvin sama dengan besar kenaikan suhu untuk tiap kenaikan skala celcius. Dengan demikian, hubungan antara skala kelvin dan celcius adalah

$$\text{Skala kelvin} = \text{skala celcius} + 273$$

- Suhu es murni melebur pada tekanan satu atmosfer adalah  $0^{\circ}\text{C}$  dan sama dengan  $0 + 273 = 273\text{ K}$
- Suhu air murni mendidih pada tekanan satu atmosfer adalah  $100^{\circ}\text{C}$  dan sama dengan  $100 + 273 = 373\text{ K}$

Skala kelvin ditetapkan sebagai skala suhu dalam satuan SI.



Gambar 8.3 Perbandingan empat skala termometer.

### CONTOH 8.1

Misalkan Mamat mem buat sebuah termometer yang disebut dengan termometer X. Pada termometer ini air membeku pada  $0^{\circ}X$  dan air mendidih pada  $150^{\circ}X$ . Bagaimanakah hubungan termometer ini dengan termometer dalam skala Celsius?

*Penyelesaian :*

Pada termometer X, rentang temperatur yang dimilikinya, yakni dari  $0^{\circ}X$  –  $150^{\circ}X$  sehingga skala pada termometer ini dibagi dalam 150 skala.

Perbandingan antara termometer X dan termometer Celsius, yakni :

$$\frac{C - 0}{100} = \frac{X - 0}{150}$$

$$T^{\circ}C = \frac{100}{150} T^{\circ}X \rightarrow = \frac{2}{3} T^{\circ}X$$

Jadi, hubungan antara termometer ini de

ngan termometer Celsius adalah  $T^{\circ}C = \frac{2}{3} T^{\circ}X$ .

## B. PEMUAIAN ZAT

Kamu mungkin pernah melihat sambungan rel kereta api dibuat renggang atau bingkai kaca lebih besar daripada kacanya. Hal ini dibuat untuk menghindari akibat dari terjadinya pemuaian. Pemuaian terjadi jika benda yang dapat memuai diberi panas. Ada 3 jenis pemuaian jenis zat, yaitu pemuaian zat padat, pemuaian zat cair, dan pemuaian zat gas. Pada bab ini hanya akan dibahas pemuaian zat padat.

### a. Pemuaian Panjang

Jika temperatur dari sebuah benda naik, kemungkinan besar benda tersebut akan mengalami pemuaian. Misalnya, sebuah benda yang memiliki panjang  $L_0$  pada temperatur  $T$  akan mengalami pemuaian panjang sebesar  $\Delta L$  jika temperatur dinaikan sebesar  $\Delta T$ . Secara matematis, perumusan pemuaian panjang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (8.1)$$

dengan  $\alpha$  adalah koefisien muai panjang.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad (8.2)$$

Satuan dari  $\alpha$  adalah kebalikan dari satuan temperatur skala Celsius ( $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ ) atau kelvin ( $\frac{1}{\text{K}}$ ). Tabel berikut ini menunjukkan nilai dari koefisien muai panjang untuk berbagai zat.

Bahan	$\alpha \left( \frac{1}{\text{K}} \right)$
Aluminium	$24 \times 10^{-6}$
Kuningan	$19 \times 10^{-6}$
Karbon	
Intan	$1,2 \times 10^{-6}$
Grafit	$7,9 \times 10^{-6}$
Tembaga	$17 \times 10^{-6}$
Gelas	
Biasa	$9 \times 10^{-6}$
Pyrex	$3,2 \times 10^{-6}$
Es	$51 \times 10^{-6}$
Invar	$1 \times 10^{-6}$
Baja	$11 \times 10^{-6}$

Sumber: Ph sics, 1995

## b. Pemuaihan Luas

Sebuah benda yang padat, baik bentuk persegi maupun silinder, pasti memiliki luas dan volume. Seperti halnya pada pemuaihan panjang, ketika benda dipanaskan, selain terjadi pemuaihan panjang juga akan mengalami pemuaihan luas. Perumusan pada pemuaihan luas hampir sama seperti pada pemuaihan panjang, yaitu sebagai berikut.

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T \quad (8.3)$$

dengan  $\beta$  adalah koefisien muai luas

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T} \quad (8.4)$$

satuan dari  $\beta$  adalah /K sama seperti koefisien muai panjang ( $\alpha$ ). Coba kamu perhatikan sebuah tembaga berbentuk persegi sama sisi. Misalkan, panjang sisi tembaga adalah  $L_0$  maka luas tembaga adalah  $L_0^2$ . Jika tembaga tersebut dipanasi sampai terjadi perubahan temperatur sebesar  $\Delta T$  maka sisi-sisi tembaga akan memuai dan panjang sisi tembaga menjadi  $L_0 + \Delta L$ . Luas tembaga setelah memuai akan berubah menjadi  $(L_0 + \Delta L)^2$  dan perubahan luas setelah pemuaihan adalah :

$$\begin{aligned} \Delta A &= (L_0 + \Delta L)^2 - L_0^2 \\ \Delta A &= L_0^2 + 2L_0\Delta L + \Delta L^2 - L_0^2 \\ \Delta A &= 2L_0\Delta L + \Delta L^2 \end{aligned} \quad (8.5)$$

dari perumusan koefisien muai luas, yaitu :

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T} \\ \beta &= \frac{2L_0\Delta L + \Delta L^2}{L_0^2 \Delta T} \end{aligned} \quad (8.6)$$

Oleh karena perubahan panjang  $\Delta L$  tembaga sangatlah kecil maka nilai  $\Delta L^2$  dapat diabaikan. Jika ditulis ulang, persamaan tersebut menjadi :

$$\beta = \frac{2L_0\Delta L}{L_0^2\Delta T} = \frac{2\Delta L}{L_0\Delta T} \quad (8.7)$$

seperti yang telah kita ketahui bahwa :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0\Delta T} \quad \text{maka} \quad \beta = 2\alpha \quad (8.8)$$

### c. Pemuai Volume

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, setiap benda yang padat pasti memiliki volume. Jika panjang sebuah benda dapat memuai ketika dipanaskan maka volume benda tersebut juga ikut memuai. Perumusan untuk pemuai volume sama dengan perumusan panjang dan luas, yaitu :

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T \quad (8.9)$$

dengan  $\gamma$  adalah koefisien muai volume.

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} \quad (8.10)$$

Perlu Anda ketahui terdapat hubungan antara  $\alpha$  dan  $\beta$  terhadap waktu  $\gamma$  , yaitu :

$$\gamma = 3\alpha$$

$$\gamma = \frac{3}{2}\beta$$

(8.11)

### CONTOH SOAL 8.2

Sebuah kuningan memiliki panjang 1 m. Tentukanlah pertambahan panjang kuningan tersebut jika temperaturnya naik dari 10°C sampai 40°C.

*Penyelesaian :*

$$\begin{aligned} \Delta L &= \alpha L_0 \Delta T \\ &= (19 \times 10^{-6} / K)(30,15 K) \\ &= 5,76 \times 10^{-3} = 5,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penambahan panjang kuningan setelah temperaturnya naik menjadi 40° adalah 5,76 mm.

### CONTOH SOAL 8.3

Sebuah batang aluminium memiliki luas  $100 \text{ cm}^2$ . Jika batang aluminium tersebut dipanaskan mulai dari  $0^\circ\text{C}$  sampai  $30^\circ\text{C}$ , berapakah perubahan luasnya setelah terjadi pemuaian? (Diketahui:  $\alpha = 24 \times 10^{-6}/\text{K}$ ).

*Penyelesaian :*

$$A_0 = 100 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2$$

*Diketahui :*  $\Delta T = 30^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C} = 303,15\text{K}$  dan

$$\beta = 2\alpha = 48 \times 10^{-6} / \text{K}$$

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

$$\Delta A = 48 \times 10^{-6} / \text{K} \times 1 \text{ m}^2 \times 303,15\text{K}$$

$$\Delta A = 0,0145 \text{ m}^2$$

*Jadi, perubahan luas bidang aluminium setelah pemuaian adalah  $0,0145 \text{ m}^2$ .*

## C. KALOR

Pada 1850, untuk pertama kalinya Joule menggunakan sebuah alat yang di dalamnya terdapat beban-beban yang jatuh dan merotasikan sekumpulan pengaduk di dalam sebuah wadah air yang tertutup. Dalam satu siklus, beban-beban yang jatuh tersebut melakukan sejumlah kerja pada air tersebut dengan massa air adalah  $m$  dan air tersebut mengalami kenaikan temperatur sebesar  $\Delta t$ . Percobaan ini menerangkan tentang adanya energi yang menyebabkan timbulnya kalor dalam siklus tersebut. Kalor dapat didefinisikan sebagai proses transfer energi dari suatu zat ke zat lainnya dengan diikuti perubahan temperatur. Satuan kalor adalah joule (J) yang diambil dari nama seorang ilmuwan yang telah berjasa dalam bidang ilmu Fisika, yaitu James Joule. Satuan kalor lainnya adalah kalori. Hubungan satuan joule dan kalori, yakni  $1 \text{ kalori} = 4,184 \text{ joule}$ .



### a. Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor

Apabila temperatur dari suatu benda dinaikkan dengan besar kenaikan temperatur yang sama, ternyata setiap benda akan menyerap energi kalor dengan besar yang berbeda. Misalnya, terdapat empat buah bola masing-masing terbuat dari aluminium, besi, kuningan, dan timah. Keempat bola ini memiliki massa sama dan ditempatkan di dalam suatu tempat yang berisi air mendidih. Setelah 30 menit, keempat bola akan mencapai kesetimbangan termal dengan air dan akan memiliki temperatur yang sama dengan temperatur air. Kemudian, keempat bola diangkat dan ditempatkan di atas kepingan parafin. Bola aluminium dapat melelehkan parafin dan jatuh menembus parafin. Beberapa sekon kemudian, bola besi mengalami kejadian yang sama. Bola kuningan hanya dapat melelehkan parafin sebagian, sedangkan bola timah hampir tidak dapat melelehkan parafin.

Bagaimanakah Anda dapat menjelaskan kejadian yang terjadi pada keempat bola tersebut? Keempat bola tersebut menyerap kalor dari air mendidih, kemudian memindahkan kalor tersebut pada parafin sehingga parafin meleleh. Oleh karena setiap benda memiliki kemampuan berbeda untuk melelehkan parafin, setiap bola akan memindahkan kalor dari air ke parafin dengan besar yang berbeda. Kemampuan yang dimiliki setiap benda ini berhubungan dengan kalor jenis benda tersebut. Kalor jenis suatu benda dapat didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 kg suatu zat sebesar 1K. Kalor jenis menunjukkan kemampuan suatu benda untuk menyerap kalor. Semakin besar kalor jenis suatu benda, semakin besar pula kemampuan benda tersebut untuk menyerap kalor. Secara matematis, kalor jenis suatu zat dapat dituliskan sebagai berikut.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (8.12)$$

dengan:

$c$  = kalor jenis suatu zat (J/kg K),

$Q$  = kalor (J),

$m$  = massa benda (kg), dan

$\Delta T$  = perubahan temperatur (K).

Untuk suatu benda, faktor  $mc$  dipandang sebagai satu kesatuan dan faktor ini disebut sebagai kapasitas kalor. Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$C = cm = \frac{Q}{m} \quad (8.13)$$

Satuan kapasitas kalor adalah J/K.

Besarnya kalor suatu zat adalah :

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = C\Delta T$$

#### CONTOH 8.4

Air sebanyak 100 gram yang memiliki temperatur  $25^{\circ}\text{C}$  dipanaskan dengan energi sebesar 1.000 kalori. Jika kalor jenis air  $1 \text{ kal/g } ^{\circ}\text{C}$ , tentukanlah temperatur air setelah pemanasan tersebut.

*Penyelesaian :*

Diketahui :  $m = 100 \text{ gram}$

$$T_0 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{air}} = 1 \text{ kal/g } ^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 1000 \text{ kal}$$

Dengan menggunakan Persamaan kalor diperoleh

$$Q = mc \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{1000 \text{ kal}}{100 \text{ gram} \times 1 \text{ kal/g } ^{\circ}\text{C}}$$

$$\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$$

Perubahan temperatur memiliki arti selisih antara temperatur akhir air setelah pemanasan terhadap temperatur awal, atau secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$\Delta T = T - T_0$$

$$10^{\circ}\text{C} = T - 25^{\circ}\text{C}$$

$$T = 35^{\circ}\text{C}$$

Jadi, temperatur akhir air setelah pemanasan adalah  $35^{\circ}\text{C}$ .”

## b. Kalor Lebur dan Kalor Didih

Kalor yang diserap benda digunakan untuk dua kemungkinan, yaitu untuk menaikkan suhu atau untuk mengubah wujud benda. Misalnya, saat es mencair, ketika itu benda berubah wujud, tetapi suhu benda tidak berubah meski ada penambahan kalor. Kalor yang diberikan ke es tidak digunakan untuk mengubah suhu es, tetapi untuk mengubah wujud benda. Kalor ini disebut kalor laten. Kalor laten merupakan kalor yang dibutuhkan 1 kg zat untuk berubah wujud.

Kalor laten ada dua macam, yaitu kalor lebur dan kalor didih. Kalor lebur merupakan kalor yang dibutuhkan 1 kg zat untuk melebur. Kalor yang dibutuhkan untuk melebur sejumlah zat yang massanya  $m$  dan kalor leburnya  $K_L$  dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = m \times K_L \quad \text{atau} \quad K_L = Q / m \quad (8.14)$$

**Keterangan:**

$Q$  : kalor yang diperlukan (J)

$m$  : massa zat (kg)

$K_L$  : kalor lebur zat (J/kg)

Berikut tabel yang menunjukkan kalor lebur beberapa zat

Nama Zat	Kalor Jenis	
	J/kg	Kkal/kg
Air	335,20	80
Alkohol (etil)	104,30	24,9
Alkohol (metil)	68,72	16,4
Aluminium	402,30	96
Amoniak	452,50	108
Antimon	165	39,60
Belerang	38,10	9,10
Emas	64,50	15,50
Helium	5,23	1,26

Jenis Zat	Kalor Jenis	
	J/kg	Kkal/kg
Hidrogen	58,60	14,06
Nitrogen	25,5	6,12
Oksigen	13,83	3,31
Perak	88,3	21,2
Platina	113,1	27
Raksa	12,57	3
Tembaga	134	50
Timah hitam	24,5	6

Sumber: Fisika, Kane & Sternheim, 1991.

Sama halnya kalor lebur, kalor didih merupakan kalor yang dibutuhkan 1 kg zat untuk mendidih/menjadi uap. Kalor ini sama dengan kalor yang diperlukan pada zat untuk mengembun. Jadi, kalor yang dibutuhkan 1 kg air

untuk menguap seluruhnya sama dengan kalor yang dibutuhkan untuk mengembun seluruhnya. Kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan sejumlah zat yang massanya  $m$  dan kalor didih atau uapnya  $K_u$ , dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = m K_u$$

**Keterangan:**

$Q$  : kalor yang diperlukan (J)

$m$  : massa zat (kg)

$K_u$  : kalor didih/uap zat (J/kg)

Berikut tabel yang menunjukkan kalor didih/uap berbagai zat.

Nama Zat	Kalor Uap		Nama Zat	Kalor Uap	
	J/kg	Kkal/kg		J/kg	Kkal/kg
Air	2.258	539	Metanol	1.102	263
Antoniak	1.362,5	327	Nitrogen	201	48,24
Antimon	561	134,6	Oksigen	213	51,12
Belerang	326	78,24	Perak	2.336	560,64
Emas	1.578	378,7	Raksa	272	70
Etanol	854,8	204	Tembaga	5.069	204
Helium	209	50,16	Timah hitam	871	175
Hidrogen	452	108,48			

Sumber: Fisika, Kane & Sternheim, 1991.

### CONTOH 8.5

Sepotong besi yang memiliki massa 3 kg, dipanaskan dari suhu  $20^\circ\text{C}$  hingga  $120^\circ\text{C}$ . Jika kalor yang diserap besi sebesar 135 kJ. Tentukan kapasitas kalor besi dan kalor jenis besi?

Diketahui :

$$m = 3 \text{ kg}$$

$$\Delta T = 120^\circ - 20^\circ = 100^\circ\text{C}$$

$$Q = 135 \text{ KJ}$$

Ditanyakan :

a.  $C = \dots?$

b.  $c = \dots?$

Penyelesaian :

a. Kapasitas Kalor

$$\begin{aligned} C &= \frac{Q}{\Delta T} \\ &= \frac{135.000}{100^\circ C} \\ &= 1350 \text{ J}/^\circ C \end{aligned}$$

b. Kalor Jenis Besi

$$\begin{aligned} c &= \frac{C}{m} \\ &= \frac{135.000}{3 \text{ kg}} \\ &= 450 \text{ J}/\text{kg}^\circ C \end{aligned}$$

c. **Asas Black**

Pernahkah Anda membuat susu atau kopi? Sewaktu susu diberi air panas, kalor akan menyebar ke seluruh cairan susu yang dingin, sehingga susu terasa hangat. Suhu akhir setelah percampuran antara susu dengan air panas disebut suhu termal (keseimbangan). Kalor yang dilepaskan air panas akan sama besarnya dengan kalor yang diterima susu yang dingin. Kalor merupakan energi yang dapat berpindah, prinsip ini merupakan prinsip hukum kekekalan energi. Hukum kekekalan energi di rumuskan pertama kali oleh Joseph Black (1728 – 1899). Oleh karena itu, pernyataan tersebut juga di kenal sebagai asas Black. Joseph Black merumuskan perpindahan kalor antara dua benda yang membentuk suhu termal sebagai berikut.

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima}$$

(8.15)

**Keterangan:**

Q lepas : besar kalor yang diberikan (J)

Q terima : besar kalor yang diterima (J)

### CONTOH 8.6

Air sebanyak 0,5 kg yang bersuhu 100° C di tuangkan ke dalam bejana dari aluminium yang memiliki massa 0,5 kg. Jika suhu awal bejana sebesar 25° C, kalor jenis aluminium 900 J/kg °C, dan kalor jenis air 4.200 J/kg °C, maka tentukan suhu kesetimbangan yang tercapai! (anggap tidak ada kalor yang mengalir ke lingkungan).

Penyelesaian :

Diketahui :

- $M_{bjn} = 0,5 \text{ kg}$
- $M_{air} = 0,5 \text{ kg}$
- $T_{air} = 100^\circ\text{C}$
- $T_{bjn} = 25^\circ\text{C}$
- $C_{air} = 4.200 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$
- $C_{bjn} = 900 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$

Ditanya :

$T_{Termal} \dots ?$

$$Q_{lepas} = Q_{lepas}$$

$$\begin{aligned} m \times c_{air} \times \Delta T_{air} &= m \times c_{bjn} \times \Delta T_{bjn} \\ 0,5 \times 4.200 \times (100 - T_{Termal}) &= 0,5 \times 900 \times (T_{Termal} - 25) \\ 210.000 - 2.100 T_{Termal} &= 450 T_{Termal} - 11.250 \\ 2.550 T_{Termal} &= 222.250 \\ T_{Termal} &= \frac{222.250}{2.550} \end{aligned}$$

Jadi, suhu kesetimbangannya adalah 87,156° C.

### SOAL-SOAL LATIHAN

- Berapakah temperatur suatu benda sehingga angka yang ditunjukkan oleh skala Celsius sama dengan skala Fahrenheit?
- Diketahui sebuah termometer memiliki titik beku pada temperatur  $-10^\circ\text{X}$  dan titik didih  $80^\circ\text{X}$ . Bagaimanakah hubungan termometer ini terhadap skala Celsius?

3. Temperatur yang terbaca pada skala Celsius menunjukkan nilai  $30^{\circ}\text{C}$ . Berapakah nilai yang terbaca pada skala Kelvin?
4. Berapakah nilai yang terbaca pada temperatur skala Celsius jika Anda menemukan sebuah data yang menyatakan bahwa temperatur di ruangan Anda.
5. menunjukkan nilai  $20^{\circ}\text{R}$ ? Karena suhunya dinaikkan dari  $0^{\circ}\text{C}$  menjadi  $100^{\circ}\text{C}$ , suatu batang baja yang panjangnya 1 m bertambah panjangnya 1 mm. Diketahui  $\Delta L^2 = 0,27$  mm. Berapakah pertambahan panjang suatu batang baja yang panjangnya 60 cm jika dipanaskan dari  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $120^{\circ}\text{C}$ ?
6. Sebatang baja ( $\alpha = 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ) panjangnya 100 cm pada temperatur  $30^{\circ}\text{C}$ . Jika panjang batang baja tersebut sekarang menjadi 100,1 cm, tentukanlah temperatur batang baja tersebut.
7. Buktikanlah oleh Anda bahwa  $\gamma = 2\alpha$  dan  $\beta = \frac{2}{3}\gamma$
8. Sebuah bola berongga yang terbuat dari perunggu ( $\alpha = 18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) berada pada temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  dan memiliki jari-jari 1 m. Jika bola tersebut dipanaskan sampai  $80^{\circ}\text{C}$ , tentukanlah pertambahan luas permukaan bola.
9. Es sebanyak 100 gram memiliki temperatur  $-10^{\circ}\text{C}$ . Kemudian, pada es tersebut diberikan kalor sehingga
10. seluruh es mencair menjadi air dengan temperatur  $20^{\circ}\text{C}$ . Berapa kalori kalor yang diberikan pada es tersebut?
11. Air sebanyak 1.000 gram yang memiliki temperatur  $15^{\circ}\text{C}$  dipanaskan dengan energi sebesar 2.000 kalori. Jika kalor jenis air  $1 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$ , tentukanlah temperatur air setelah pemanasan tersebut.

## D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS *ICARE (LKMB ICARE)*

### LKMB *ICARE* 8.1

#### A. *Introduction (I)*

**JUDUL** : Suhu dan Kalor

**TUJUAN** : Menyelidiki faktor-faktor yang mempengaruhi kalor

#### B. *Connecting (C)*

Energi yang dipindahkan melalui perbedaan suhu dinamakan kalor. Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

#### C. *Applying (A)*

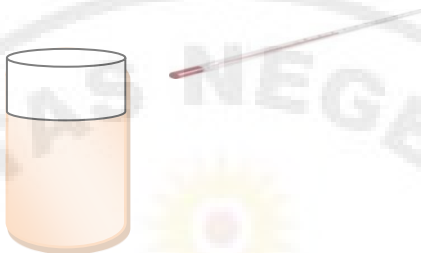
##### Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Gelas kimia	1 buah
2	Termometer	1 buah
3	Stopwatch	1 buah
4	Air panas	100 ml
5	Air dingin	100 ml
6	Minyak goreng	100 ml



### Prosedur Percobaan :

1. Ambil sebanyak 100 ml masukkan kedalam gelas ukur, ukurlah suhu air tersebut dengan menggunakan thermometer



2. Catatlah suhu awal air tersebut
3. Siapkan bunsen dan panaskanlah air yang berada dalam gelas ukur tersebut. Setiap 2 menit ukurlah suhu air tersebut adan catatlah kenaikan suhu air tersebut.

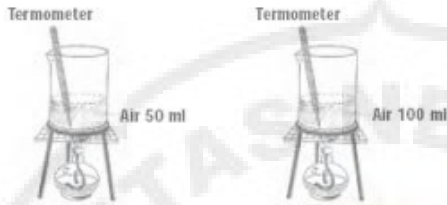


4. Masukkan data yang diperoleh kedalam tabel

No.	Jenis Zat	Waktu (s)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
1.	100 ml air		
2.	100 ml air		
3.	100 ml air		

5. Siapkan dua buah gelas ukur dan isilah dengan air masing-masing 100 ml dan 50 ml.
6. ukurlah suhu air dengan menggunakan thermometer dan catatlah suhu awalnya.

7. Panaskan 50 ml air dan 100 ml air tersebut dengan nyala api yang sama sampai suhu  $50^{\circ}\text{C}$ .



8. Catatlah waktu yang diperlukan untuk memanaskan keduanya ke dalam tabel.

No.	Jenis Zat	Suhu Awal ( $^{\circ}\text{C}$ )	Suhu Akhir ( $^{\circ}\text{C}$ )	Waktu (s)
1.	50 ml air			
2.	100 ml air			

9. Siapkan dua buah gelas ukur dan isilah dengan air minyak goreng sebanyak 100 ml
10. Catat suhu air mula-mula dan usahakan suhunya sama.
11. Panaskan air dan minyak tersebut dengan nyala api yang sama sampai suhu  $50^{\circ}\text{C}$ .
12. Catatlah waktu yang diperlukan untuk memanaskan keduanya ke dalam tabel.

No.	Jenis Zat	Suhu Awal ( $^{\circ}\text{C}$ )	Suhu akhir ( $50^{\circ}\text{C}$ )	Waktu (s)
1.	Air 50 ml			
2.	Minyak 50 ml			

Pertanyaan:

1. Apa yang terjadi pada air biasa yang bersuhu rendah jika diberikan kalor?

Jawab:

.....  
.....

2. Manakah yang lebih dahulu mengalami kenaikan suhu jika diberikan kalor? Apakah air yang bervolume 100 ml atau 50 ml?

Jawab:

.....  
.....

3. Samakah waktu yang diperlukan menaikkan suhu sebesar  $50^{\circ}\text{C}$ , antara minyak dan air?

Jawab:

.....  
.....

4. Apakah yang mempengaruhi kenaikan atau penurunan suhu?

Jawab:

.....  
.....

**D. Reflecting (R)**

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan percobaan suhu dan kalor:

1. Hal hal yang sudah dicapai melalui kegiatan percobaan suhu dan kalor:

.....  
.....  
.....  
2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan kegiatan percobaan suhu dan kalor :

***E. Extending (E)***

Setelah melakukan percobaan untuk suhu dan kalor, rancanglah percobaan sederhana dengan menggunakan prinsip yang sama, kemudian buatlah laporan.

UNIVERSITAS NEGERI  
MEDAN  
UNIMED  
THE  
Character Building  
UNIVERSITY

## BAB IX OPTIK



### A. PEMANTULAN

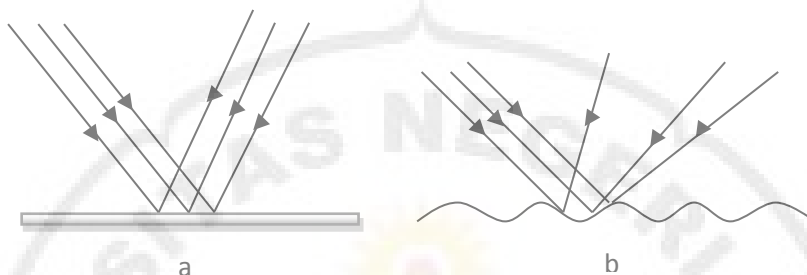
#### a. Pemantulan Cahaya

Salah satu sifat gelombang adalah apabila melewati suatu penghalang, maka gelombang akan dipantulkan. Demikian pula halnya untuk gelombang cahaya, apabila melewati suatu permukaan akan dipantulkan.

Berdasarkan jenis pemantulannya, pemantulan cahaya terbagi menjadi pemantulan teratur dan pemantulan baur.

1. **Pemantulan teratur** (*specular reflection*) terjadi manakala berkas cahaya mengenai permukaan suatu bidang yang rata seperti cermin datar, sehingga arah sinar pantulnya sejajar.
2. **Pemantulan baur** atau **pemantulan difus** (*diffuse reflection*) terjadi manakala berkas cahaya mengenai permukaan bidang pantul

yang tidak rata seperti kertas, sehingga arah sinar pantulnya menjadi tersebar ke segala arah.

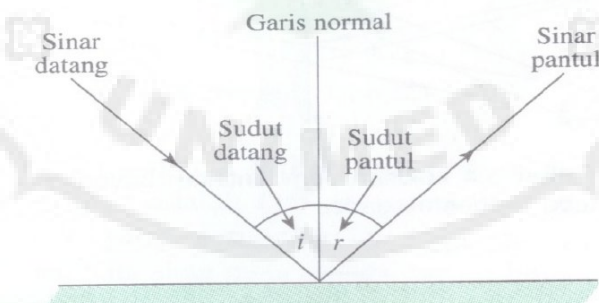


Gambar 9.1. Diagram sinar dari (a) pemantulan teratur, (b) pemantulan baur

### b. Hukum Pemantulan cahaya

Hukum pemantulan cahaya adalah sebagai berikut:

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



Gambar 9.2. Pemantulan cahaya pada cermin

### c. Pemantulan Cahaya Pada Cermin

Cermin merupakan suatu bidang licin yang dapat memantulkan seluruh cahaya yang jatuh padanya. Secara garis besar cermin dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu cermin datar, cermin cekung dan cermin cembung.

## 1) Pemantulan pada Cermin Datar

Cermin datar merupakan cermin yang permukaannya pantulnya berupa bidang datar. Cahaya yang jatuh mengenai cermin datar akan dipantulkan kembali dan memenuhi hukum pemantulan.

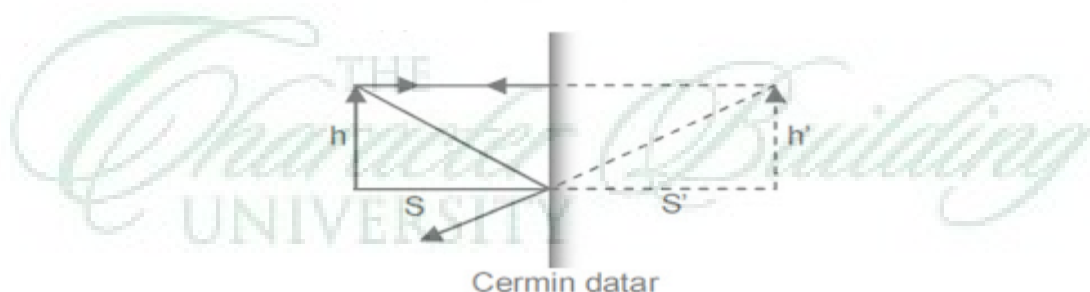
### a) Sifat-sifat bayangan pada cermin datar

1. Maya
2. Sama besar dengan bendanya (*perbesaran* = 1)
3. Tegak dan menghadap berlawanan arah (terbalik) terhadap bendanya.
4. Jarak benda ke cermin sama dengan jarak bayangan ke cermin.

### b) Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

Cara melukis bayangan pada cermin datar adalah:

1. Sinar 1 yang datang menuju cermin dipantulkan berimpit dengan sinar datang (sudut datang = sudut pantul)
2. Sinar 2 yang datang menuju cermin dengan sudut  $\alpha$  dipantulkan dengan sudut  $\alpha$  pula
3. Perpanjangan sinar pantul 1 dan 2 (dilukis dengan garis putus-putus) akan berpotongan. Pada perpotongan inilah terletak bayangan benda.



Gambar 9.3. Pembentukan bayangan pada cermin datar

Pada kasus khusus, bila ada dua buah cermin disusun sedemikian rupa hingga membentuk sudut tertentu, maka banyaknya bayangan yang terbentuk adalah

$$n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 \dots\dots\dots(9.1)$$

Dengan:

$n$  = banyaknya bayangan yang terbentuk

$\theta$  = sudut apit antara dua cermin

**Contoh:**

1. Berapakah banyaknya bayangan yang dibentuk dari suatu benda apabila dua buah cermin membentuk sudut  $45^\circ$ ?

Dik :  $\theta = 45^\circ$

Dit :  $n = \dots ?$

Peny :  $n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$

$$n = \frac{360^\circ}{45^\circ} - 1$$

$$n = 7$$

**2) Pemantulan pada Cermin Cekung**

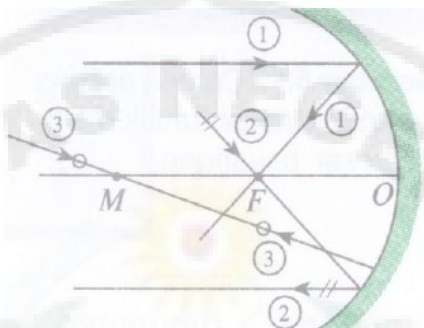
Cermin cekung merupakan cermin yang permukaannya melengkung ke arah dalam. Pada cermin ceung terdapat beberapa titikpenting yaitu titik fokus ( $F$ ), titik pusat kelengkungan ( $M$ ) dan titik pusat optik ( $O$ ).

**a) Tiga Sinar Istimewa pada Cermin Cekung**

1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin dipantulkan melalui titik fokus  $F$ .
2. Sinar datang melalui titik fokus  $F$  dipantulkan sejajar sumbu utama



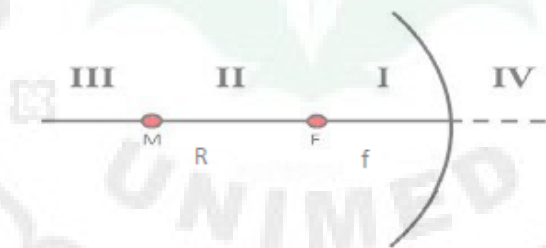
- Sinar datang melalui titik pusat lengkung  $M$  dipantulkan kembali ke titik pusat lengkung tersebut.



Gambar 9.4. Tiga sinar istimewa pada cermin cekung

#### b) Menentukan Sifat Bayangan Benda Pada Cermin Cekung

- Nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5



Gambar 9.5. Nomor-nomor ruang pada cermin cekung

- Jika nomor ruang bayangan  $>$  nomor ruang benda, maka bayangan diperbesar
- Jika nomor ruang bayangan  $<$  nomor ruang benda, maka bayangan diperkecil
- Hanya bayangan di ruang IV yang bersifat maya dan tegak
- Bayangan di ruang I, II dan III selalu bersifat nyata dan terbalik

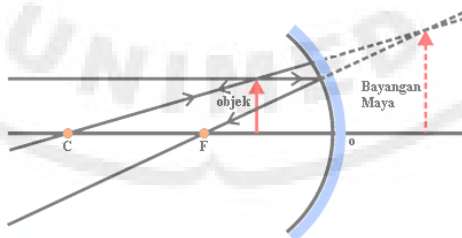
### c) Pembentukan Bayangan Pada Cermin Cekung

Untuk melukis pembentukan bayangan pada cermin cekung, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lukis dua buah sinar istimewa
2. Sinar selalu datang dari depan cermin dan dipantulkan kembali ke depan, perpanjangan sinar-sinar dibelakang cermin dilukis sebagai garis putus-putus.
3. Perpotongan kedua sinar pantul yang dilukis pada langkah (1) merupakan letak bayangan. Jika perpotongan didapat dari sinar pantul terjadi bayangan nyata, akan tetapi jika perpotongan didapat dari perpanjangan sinar pantul maka bayangan yang dihasilkan adalah maya.

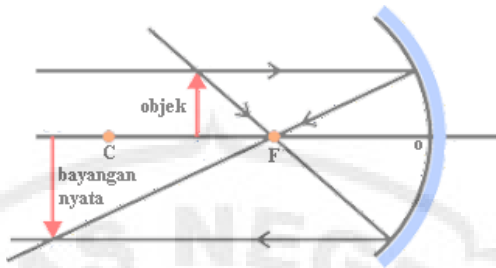
Pembentukan bayangan pada cermin cekung sebagai berikut:

- Benda terletak di antara titik fokus (F) dan titik Pusat optik (ruang I) akan menghasilkan bayangan (ruang IV) *maya*, *tegak* dan *diperbesar*



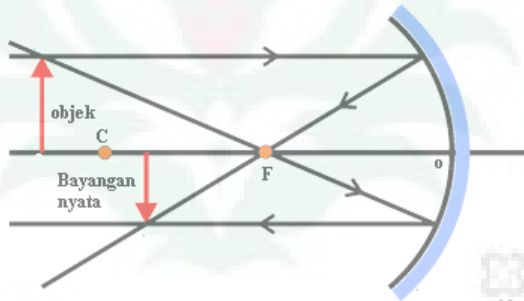
Gambar 9.6. Benda terletak di ruang I

- Benda yang terletak di antara titik fokus dan titik pusat kelengkungan (ruang II) akan menghasilkan bayangan (ruang III) *nyata*, *terbalik* dan *diperbesar*.



Gambar 9.7. Benda berada di ruang II

- Benda yang terletak di belakang titik pusat kelengkungan cermin (ruang III) akan menghasilkan bayangan (ruang II) *nyata, terbalik dan diperkecil*



Gambar 9.8. Benda berada di ruang II

#### d) Hubungan Jarak Fokus dan Jari-Jari Lengkung Cermin

Pada cermin lengkung berlaku jarak fokus sama dengan setengah jari-jari lengkung cermin

$$f = \frac{1}{2}R \dots\dots\dots(9.2)$$

#### e) Perbesaran bayangan

Perbesaran linear didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi bayangan dan tinggi benda. Jika perbesaran linear diberi lambang  $M$ , tinggi benda  $h$ , tinggi bayangan  $h'$ , jarak bayangan  $s'$  dan jarak benda  $s$  maka rumus perbesaran linear adalah:

---


$$(9.3)$$

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

Perbesaran linear  $M$  tidak memiliki satuan dan dimensi karena diperoleh dari perbandingan dua besaran yang sama. Rumus umum cermin menyatakan hubungan antara jarak benda ( $s$ ) dan jarak bayangan ( $s'$ ) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(9.4)$$

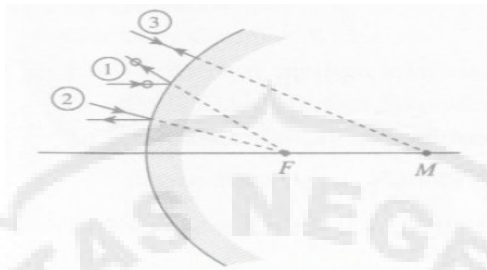
Disebut rumus umum cermin lengkung karena persamaan ini berlaku untuk cermin cekung dan cermin cembung.

### 3) Pemantulan pada Cermin Cembung

Titik fokus cermin cekung terletak di bagian depan cermin, karena itu titik fokusnya adalah titik fokus nyata. Sinar-sinar pantul pada cermin cekung bersifat konvergen (mengumpul). Cermin cembung berbeda dengan cermin cekung. Titik fokus cermin cembung terletak di belakang cermin, karena itu titik fokusnya adalah titik fokus maya. Sinar-sinar pantul pada cermin cembung bersifat divergen (memancar).

#### a) Tiga Sinar Istimewa pada Cermin Cembung

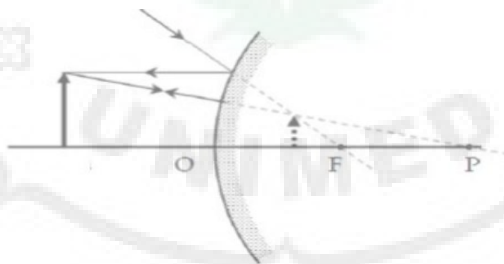
1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin dipantulkan seakan-akan datang dari titik fokus  $F$
2. Sinar datang menuju ke titik fokus  $F$  dipantulkan sejajar sumbu utama.
3. Sinar datang menuju ke titik pusat lengkung  $M$  dipantulkan kembali seakan-akan datang dari titik pusat lengkung tersebut.



Gambar 9.9. Tiga sinar istimewa pada cermin cembung

**b) Pembentukan Bayangan Pada Cermin cembung**

Untuk membentuk bayangan sebuah benda yang terletak di depan cermin cembung cukup menggunakan 2 buah sinar istimewa di atas. Bayangan benda pada cermin cembung selalu berada antara titik O dan F. Untuk benda yang diletakkan di depan sebuah cermin cembung (benda nyata), bayangan yang dihasilkan selalu memiliki sifat: *maya, tegak, diperkecil*



Gambar 9.10. Pembentukan bayangan pada cermin cembung

**c) Rumus Cermin Cembung**

Rumus-rumus yang berlaku untuk cermin cekung, yaitu:

$$f = \frac{1}{2}R \dots\dots\dots(9.5)$$

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \dots\dots\dots(9.6)$$

$$\dots\dots\dots(9.7)$$

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

Berlaku juga untuk cermin cembung. Hanya perlu diperhatikan, titik fokus  $F$  dan titik pusat lengkung cermin untuk cermin cembung terletak di belakang cermin. Oleh karena itu, dalam menggunakan persamaan di atas, jarak fokus ( $f$ ) dan jari-jari kelengkungan ( $R$ ) selalu dimasukkan bertanda negatif.

## B. PEMBIASAN CAHAYA

Pembiasan cahaya merupakan peristiwa pembelokan cahaya ketika cahaya mengenai bidang batas antara dua medium.

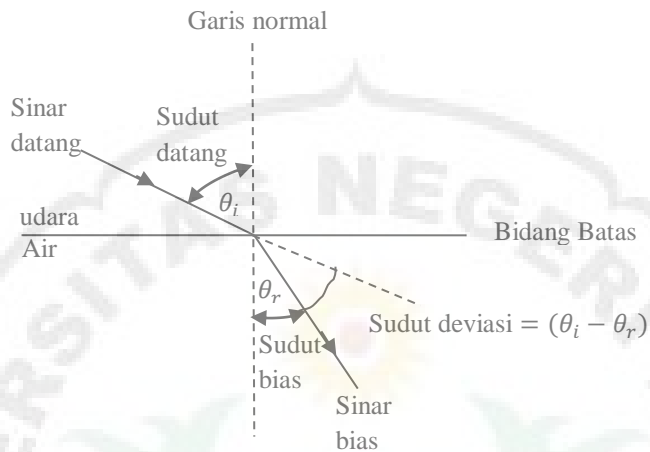
### 1) Konsep Dasar tentang Pembiasan

#### a) Hukum Snellius tentang Pembiasan

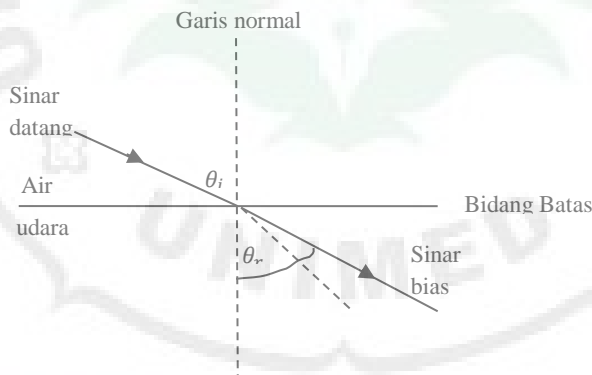
Ada dua hukum tentang pembiasan yang ditemukan pada tahun 1621 oleh matematikawan Belanda, Willebrord Snellius (1580-1626). Kedua hukum ini populer dengan sebutan hukum I Snellius dan hukum II Snellius.

**Hukum I Snellius berbunyi:** *Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada satu bidang datar.*

**Hukum II Snellius berbunyi:** *Jika sinar datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat (misalnya dari udara ke air atau udara ke kaca), maka sinar dibelokkan mendekati garis normal; jika kebalikannya, sinar datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat (misalnya dari air ke udara), maka sinar dibelokkan menjauhi garis normal.*



Gambar 9.11. Sinar datang dari medium kurang rapat (udara) ke medium lebih rapat (air) dibiaskan mendekati garis normal



Gambar 9.12. Sinar datang dari medium lebih rapat (air) ke medium kurang rapat (udara) dibiaskan menjauhi garis normal.

### b) Persamaan Snellius dan Indeks Bias Mutlak

Ketika seberkas cahaya bergerak dari udara dengan sudut datang  $\theta_i$ , cahaya dibelokan mendekati garis normal dengan sudut bias  $\theta_r$ .  $\sin \theta_i$  berbanding lurus dengan  $\sin \theta_r$ , secara matematis dapat dituliskan

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \text{tetapan}$$

Tetapan ini merupakan sifat khas kaca yang disebut indeks bias mutlak kaca. Lambang indeks bias mutlak adalah  $n$ . Jadi, indeks bias mutlak  $n$  untuk cahaya yang bergerak dari vakum (udara) menuju ke suatu medium tertentu dinyatakan dengan persamaan:

$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} \dots\dots\dots(9.8)$$

Indeks bias mutlak suatu medium dapat dipandang sebagai suatu ukuran kemampuan medium itu untuk membelokkan cahaya. Medium yang memiliki indeks bias lebih besar adalah medium yang lebih kuat membelokkan cahaya.

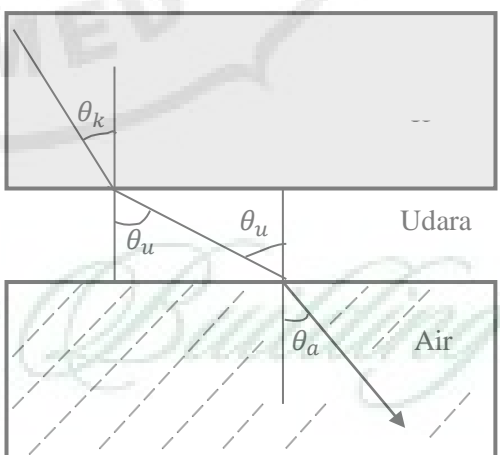
**c) Indeks Bias Relatif**

Persamaan Snellius dapat kita pakai untuk meramalkan apa yang terjadi jika cahaya datang dari kaca menuju air. Anggap ada lapisan udara antara permukaan kaca dan air. Pertama, sinar datang dari kaca (sudut datang =  $\theta_k$ ) dibiaskan ketika masuk ke udara (sudut bias =  $\theta_u$ ). Sesuai persamaan:

$$n_k = \frac{\sin \theta_k}{\sin \theta_u}$$

$$\sin \theta_u = n_k \sin \theta_k \dots(9.9)$$

Kedua, sinar datang dari udara (sudut datang =  $\theta_u$ ) dibiaskan ketika masuk ke air (sudut bias =  $\theta_a$ ). sesuai persamaan:



Gambar 9.13. Cahaya datang dari kaca menuju air melalui lapisan udara



$$n_a = \frac{\sin \theta_a}{\sin \theta_u}$$

$$\sin \theta_u = n_a \sin \theta_a \dots\dots\dots(9.10)$$

Sin  $\theta_u$  pada kedua persamaan adalah sama, sehingga diperoleh

$$n_k \sin \theta_k = n_a \sin \theta_a \dots\dots\dots(9.11)$$

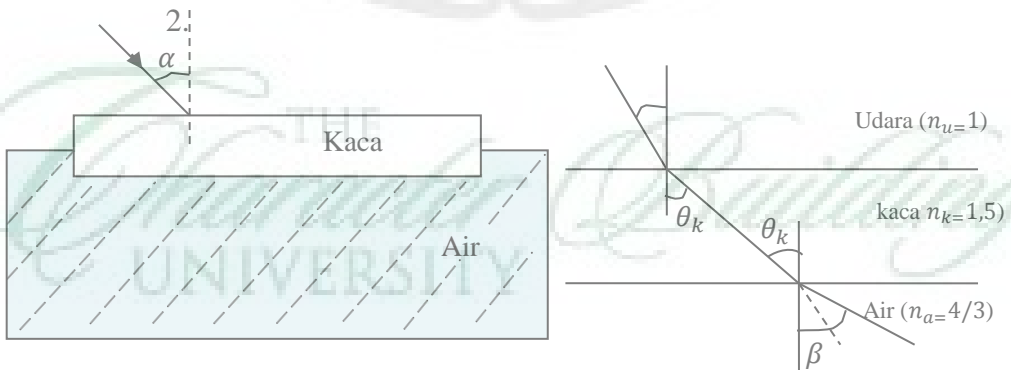
Secara umum , untuk dua medium (medium 1 dan medium 2) persamaan Snellius berbentuk

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

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \dots\dots\dots(9.12)$$

**CONTOH 9.1**

1. Sebuah keping kaca sejajar dengan bahan kaca ( $n_k = 1,5$ ) tercelup sebagian di dalam air ( $n_a = 4/3$ ), seperti ditunjukkan pada gambar. Seberkas sinar datang pada permukaan kaca yang atas dengan sudut datang  $\alpha$  masuk ke dalam kaca dan meninggalkan permukaan kaca yang bawah dengan sudut bias  $\beta$  di mana  $\sin \beta = 3/8$ . Hitunglah besar sudut  $\alpha$ ?



Dik :  $n_k = 1,5$   
 $n_a = 4/3$   
 $\sin \beta = 3/8$

Dit :  $\alpha \dots ?$

Jawab : •  $n_k \sin \theta_k = n_a \sin \theta_a$  ( $\sin \theta_a = \sin \beta = 3/8$ )

$$1,5 \sin \theta_k = 4/3 \left(\frac{3}{8}\right)$$

$$\sin \theta_k = \frac{0,5}{1,5} = \frac{1}{3}$$

•  $n_u \sin \theta_u = n_k \sin \theta_k$

$$1 \times \sin \alpha = 1,5 \left(\frac{1}{3}\right)$$

$$\sin \alpha = 0,5 \rightarrow \alpha = 30^\circ$$

## 2) Pembiasan Cahaya Pada Lensa

Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang lengkung. Dua bidang lengkung yang membentuk lensa dapat berbentuk silindris atau bola. Lensa silindris memusatkan cahaya dari sumber titik yang jauh pada suatu garis, sedang permukaan bola yang melengkung ke segala arah memusatkan cahaya dari sumber yang jauh pada suatu titik. Dalam bab ini pembahasan mengenai lensa bola (lensa sferik) yang tipis. Lensa tipis adalah lensa dengan ketebalan dapat diabaikan terhadap diameter lengkung lensa, sehingga sinar-sinar sejajar sumbu utama hampir tepat difokuskan ke suatu titik, yaitu titik fokus.

### a) Jenis-jenis Lensa

Ada dua jenis lensa, yaitu lensa cembung dan lensa cekung. Lensa cembung (konveks) memiliki bagian tengah lebih tebal daripada bagian tepinya. Sinar-sinar bias pada lensa ini bersifat mengumpul (konvergen). Lensa cembung disebut juga lensa konvergen. Ada tiga jenis lensa

cekung, yaitu lensa cembung ganda (bikonveks), lensa cembung-datar (plankonveks) dan lensa cembung-cekung (konveks-konkaf).

Lensa cekung (konkaf) memiliki bagian tengah yang lebih tipis daripada bagian tepinya. Sinar-sinar bias pada lensa ini bersifat memencar (divergen). Lensa cekung disebut juga lensa divergen. Ada tiga jenis lensa cekung, yaitu lensa cekung ganda (bikonkaf), lensa cekung-datar (plankonkaf) dan lensa cekung-cembung (konkaf-konveks).



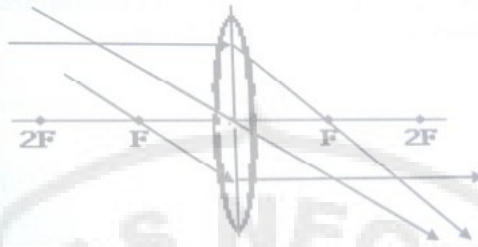
Gambar 9.14. jenis jenis lensa

## b) Pembiasan cahaya pada Lensa Cembung

Pada lensa, sinar datang dari dua arah sehingga pada lensa ada dua titik fokus (diberi lambang  $F_1$  dan  $F_2$ ). Titik fokus  $F_1$  dimana sinar-sinar sejajar dibiaskan disebut fokus aktif, sedangkan titik fokus  $F_2$  disebut titik fokus pasif. Jarak fokus aktif  $F_1$  ke titik pusat O sama dengan jarak fokus pasif  $F_2$  ke titik pusat O dan disebut jarak fokus.

### (1) Tiga sinar istimewa pada lensa cembung

1. Sinar datang sejajar sumbu utama lensa dibiaskan melalui titik fokus aktif  $F_1$
2. Sinar datang melalui titik fokus pasif  $F_2$  dibiaskan sejajar sumbu utama
3. Sinar datang melalui titik pusat O diteruskan tanpa membias



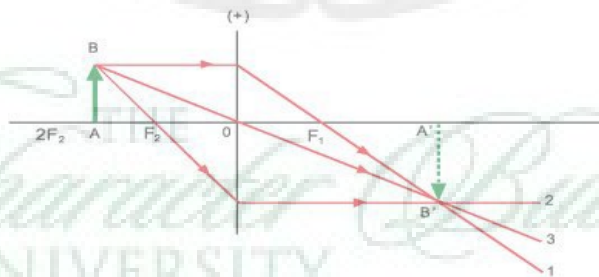
Gambar 9.15. Sinar istimewa pada lensa cembung

## (2) Pembentukan bayangan pada lensa cembung

Langkah-langkah melukis pembentukan bayangan pada lensa cembung, antara lain

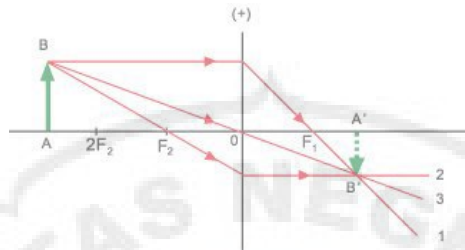
1. Lukis dua buah sinar utama (umumnya digunakan sinar (1) dan sinar (3))
2. Sinar selalu datang dari depan lensa dan dibiaskan ke belakang lensa
3. Perpotongan kedua buah sinar bias yang dilukis pada (1) adalah letak bayangan. Jika perpotongan didapat dari perpanjangan sinar bias, maka bayangan yang terjadi adalah maya dan dilukis dengan gari putus-putus

- Benda AB berada di ruang II lensa cembung



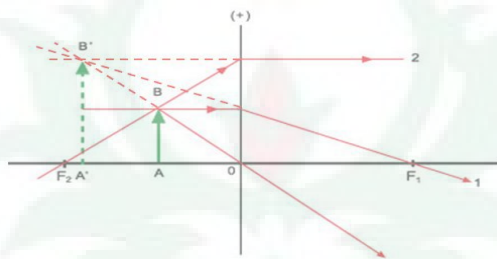
Gambar 9.16. Pembentukan bayangan benda di ruang II

- Benda AB berada di ruang III lensa cembung



Gambar 9.17. Pembentukan bayangan benda di ruang III

- Benda AB berada di ruang I lensa cembung

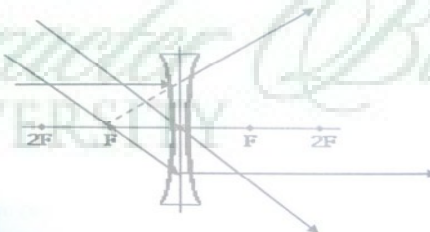


Gambar 9.18. Pembentukan bayangan benda di ruang I

### c) Pembiasan Cahaya pada Lensa Cekung

#### (1) Tiga sinar istimewa pada lensa cekung

1. Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan berasal dari seakan-akan titik fokus aktif  $F_1$ .
2. Sinar datang seakan-akan menuju ke titik fokus pasif  $F_2$  dibiaskan sejajar sumbu utama
3. Sinar datang melalui pusat optik O diteruskan tanpa membias

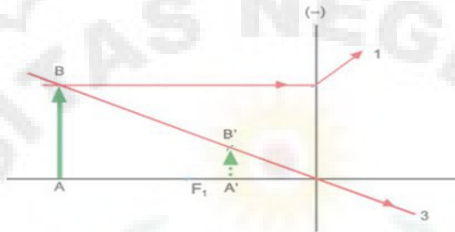


Gambar 9.20. Sinar istimewa pada lensa cekung

## (2)Pembentukan Bayangan pada Lensa Cekung

Langkah-langkah untuk melukis pembentukan bayangan pada lensa cekung sama dengan pelukisan bayangan pada lensa cembung.

- Benda AB berada di ruang II lensa cekung



Gambar 9.21. Pembentukan bayangan pada lensa cekung

### d) Rumus untuk lensa tipis

Rumus umum:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \dots\dots\dots(9.13)$$

Perbesaran linear

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \dots\dots\dots(9.14)$$

Rumus tersebut juga berlaku untuk lensa tipis.

#### Perjanjian tanda untuk menggunakan rumus lensa tipis:

$s (+)$  = jika benda terletak di depan lensa (benda nyata)

$s (-)$  = jika benda terletak di belakang lensa (benda maya)

$s' (+)$  = jika bayangan terletak di belakang lensa (bayangan nyata)

$s' (-)$  = jika bayangan terletak di depan lensa (bayangan maya)

$f (+)$  = untuk lensa cembung atau konveks atau konvergen

### e) Persamaan pembuat lensa

Besaran penting dari sebuah lensa tipis adalah jarak fokus. Jarak fokus lensa  $f$  dalam suatu medium berhubungan dengan jari-jari kelengkungan bidang depan dan bidang belakang lensa ( $R_1$  dan  $R_2$ ) dan indeks bias bahan lensa.

Hubungan ini dinyatakan oleh persamaan

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Dengan  $n_2$  = indeks bias bahan lensa dan  $n_1$  = indeks bias medium di sekitar lensa.

#### Perjanjian tanda untuk $R_1$ dan $R_2$ :

$R_1$  atau  $R_2$  (+) untuk bidang cembung

$R_1$  atau  $R_2$  (-) untuk bidang cekung

$R_1$  dan  $R_2$  ( $\infty$ ) untuk bidang datar

### CONTOH 9.2

Sebuah lensa (indeks bias = 1,5) dibatasi oleh permukaan cembung berjari-jari 20 cm dan permukaan cekung berjari-jari 40 cm. Hitung jarak fokus lensa. Apa jenis lensa itu?

Dik :  $n_2 = 1,5$   
 $n_1 = 1$   
 $R_1 = +20 \text{ cm}$  (cembung)  
 $R_2 = -40 \text{ cm}$  (cekung)

Dit : a.  $f = \dots?$   
b. Jenis lensa?

jawab : a. Jarak fokus

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{1} - 1\right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{-40}\right)$$

$$\frac{1}{f} = (0,5) \left( \frac{1}{40} \right)$$

$$f = +80 \text{ cm}$$

b. Jenis lensa

$f$  bertanda positif, maka lensa adalah lensa cembung

### f) Kuat Lensa

Kuat lensa merupakan ( $P$ ) didefinisikan sebagai kebalikan jarak fokus ( $f$ ). Secara matematis dituliskan

$$P = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (9.15)$$

Dengan:  $P$  = kuat lensa (dioptri)

$f$  = jarak fokus (m)

Jarak fokus lensa cembung bernilai (+) sehingga kuat lensa cembung bernilai (+). Sebaliknya, jarak fokus lensa cekung bernilai (-) sehingga kuat lensa cekung bernilai (-).

Kuat lensa menggambarkan kemampuan lensa untuk membelokkan sinar. Untuk lensa cembung, makin kuat lensanya makin kuat lensa itu dalam mengumpulkan sinar.

### CONTOH 9.3

1. Sebuah benda diletakkan 30 cm di depan lensa konvergen dengan jarak fokus 15 cm. Tentukan letak bayangan, perbesaran bayangan dan sifat-sifat bayangan!'



Dik: :  $s = +30 \text{ cm}$  (+ karena benda di depan lensa)  
 $f = +15 \text{ cm}$  (+ karena lensa cembung)

Dit: : a.  $s' = \dots?$   
b.  $M = \dots?$   
c. sifat – sifat bayangan?

jawab : a. letak bayangan

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

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

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{15} - \frac{1}{30}$$

$$s' = 30 \text{ cm}$$

b. Perbesaran lensa

$$M = \frac{-(30 \text{ cm})}{30 \text{ cm}} = -1$$

c. Sifat-sifat bayangan

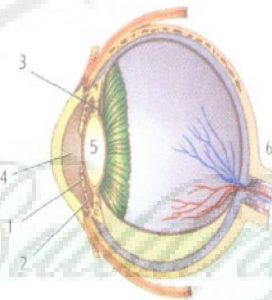
Nyata, terbalik, dan sama besar

## C. ALAT-ALAT OPTIK

### a. Mata

#### 1) Bagian-Bagain Mata

- Kornea, berfungsi untuk menerima rangsangan cahaya dan meneruskannya ke bagian mata yang lebih dalam
- Otot siliar, berfungsi untuk mengatur panjang fokus (kelengkungan) lensa
- Iris, berfungsi untuk mengatur lebar pupil.



Gambar 9.22. Bagian-bagian mata

- d) Pupil, berfungsi mengatur cahaya yang masuk ke mata atau tempat lewatnya cahaya yang menuju ke retina
- e) Lensa kristalin atau lensa mata, berfungsi untuk meneruskan dan memfokuskan cahaya atau bayangan benda agar tepat jatuh pada retina
- f) Retina, berfungsi sebagai layar penerima cahaya atau bayangan benda

## 2) Daya Akomodasi

Perlu diketahui bahwa jarak antara lensa mata dan retina selalu tetap. Sehingga dalam melihat benda-benda pada jarak tertentu perlu mengubah kelengkungan lensa mata. Untuk mengubah kelengkungan lensa mata, yang berarti mengubah jarak titik fokus lensa merupakan tugas otot siliar. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang dibentuk oleh lensa mata selalu jatuh di retina. Pada saat mata melihat dekat lensa mata harus lebih cembung (otot-otot siliar menegang) dan pada saat melihat jauh lensa harus lebih pipih (otot-otot siliar mengendor). Peristiwa perubahan-perubahan ini disebut daya akomodasi. **Daya akomodasi** merupakan kemampuan otot siliar untuk menebalkan atau memipihkan kecembungan lensa mata yang disesuaikan dengan dekat atau jauhnya jarak benda yang dilihat. Manusia memiliki dua batas daya akomodasi (jangkauan penglihatan), yaitu:

### a) Titik Dekat Mata (*punctum proximum*)

Titik dekat mata merupakan titik paling dekat ke mata dimana suatu benda dapat diletakan dan menghasilkan suatu bayangan tajam pada retina ketika mata berakomodasi maksimum (otot siliar menegang penuh). Untuk mata normal (emetropi) titik dekatnya berjarak

10 cm – 20 cm (anak-anak) berjarak 20 cm – 30 cm (dewasa). Titik dekat disebut jarak baca normal.

### b) Titik Jauh Mata (*punctum remotum*)

Titik jauh mata merupakan lokasi paling jauh benda di mana mata yang relaks (mata tidak berakomodasi) dapat memfokuskan benda. Untuk mata normal titik jauhnya tak terhingga  $\infty$ .

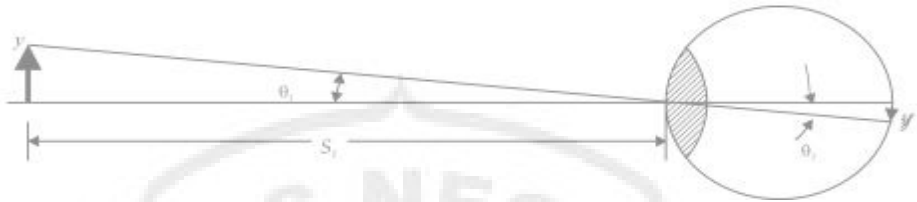


Gambar 9.23. Jangkauan penglihatan (PP = Punctum Proximum dan PR = Punctum Remotum)

### 3) Pembentukan Bayangan pada Mata

Proses pembentukan bayangan pada mata normal terjadi apabila berkas cahaya yang masuk ke mata akan dibiaskan oleh lensa mata sehingga berkas sinar biasanya tepat berpotongan pada retina. Adapun sifat bayangan yang terbentuk adalah nyata, terbalik dan diperkecil. Dari retina cahaya kemudian dikirim dalam bentuk listrik ke otak melalui saraf mata. Impuls diproses oleh otak sehingga terbentuk bayangan nyata dan tegak yang memberi kesan bahwa kita melihat benda tersebut.

Misalnya, benda yang tingginya  $y$  terletak pada jarak  $S_1$  maka tampak kecil karena bayangan yang terbentuk di retina kecil dengan tinggi bayangan  $y'$ . Bayangan yang ditangkap nyata, terbalik dan diperkecil. Otak kitalah yang menerjemahkan sehingga kalau kita melihat suatu benda maka kita dapat melihat seolah-olah bayangan tegak dan tidak terbalik.



Gambar 9.24. Pembentukan bayangan pada mata

#### 4) Cacat Mata dan Cara Menanggulangnya

Ada kemungkinan terjadi ketidaknormalan pada mata, disebut cacat mata atau aberasi. Cacat mata dapat diatasi dengan memakai kaca mata, lensa kontak atau melalui suatu operasi.

Mata normal (emetropi) memiliki titik dekat 25 cm dan titik jauh tak berhingga. Jadi, mata normal dapat melihat benda dengan jelas pada jarak paling dekat 25 cm dan paling jauh tak berhingga tanpa bantuan kaca mata.



Gambar 9.25. Mata Normal (emetropi)

Jenis- jenis cacat mata

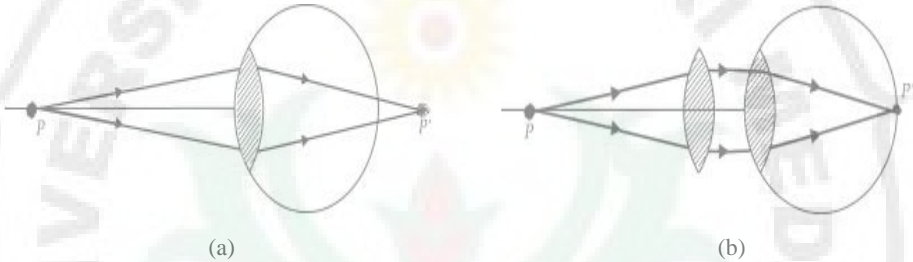
#### Rabun Jauh (Miopi)

Rabun jauh atau terang-dekat memiliki titik dekat lebih kecil daripada 25 cm dan titik jauh pada jarak tertentu. Orang yang menderita rabun jauh dapat melihat dengan jelas pada jarak 25 cm tetapi tidak dapat melihat benda-benda jauh dengan jelas. Keadaan ini terjadi karena lensa mata tidak dapat menjadi pipih sebagaimana mestinya sehingga bayangan benda sangat terbentuk di depan retina.



Gambar 9.26. Mata rabun jauh (Miopi)

Cacat mata miopi dapat diatasi dengan menggunakan kaca mata lensa cekung. Lensa cekung akan memancarkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata sehingga bayangan jatuh tepat di retina.

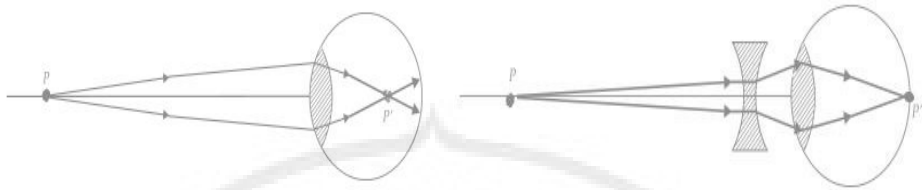


Gambar 9.27. (a) Rabun jauh (b) Menggunakan Lensa Cembung

#### a) Rabun Dekat (Hipermetropi)

Rabun dekat atau terang- jauh memiliki titik dekat lebih besar daripada 25 cm dan titik jauh pada jarak tak terhingga. Oleh karena itu, mata rabun dekat dapat melihat dengan jelas benda-benda yang sangat jauh tanpa berakomodasi, tetapi tidak dapat melihat benda-benda dekat dengan jelas. Keadaan ini terjadi karena lensa mata tidak dapat menjadi cembung sebagaimana mestinya sehingga bayangan benda yang dekat terbentuk di belakang retina.

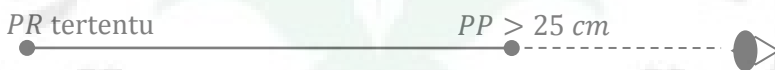
Cacat mata hipermetropi dapat diatasi dengan menggunakan kaca mata lensa cembung. Lensa cembung akan menguncupkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata sehingga bayangan jatuh tepat pada retina.



Gambar 9.28. (a) rabun dekat (b) Menggunakan Lensa Cekung

### b) Mata Tua (Presbiopi)

Pada penderita ini, daya akomodasi berkurang akibat bertambahnya usia. Oleh karena itu, letak titik dekat maupun titik jauh mata telah bergeser. Jadi mata tua (presbiopi) adalah cacat mata akibat berkurangnya daya akomodasi pada usia lanjut. Titik dekat presbiopi lebih besar dari 25 cm dan titik jauh presbiopi berada pada jarak tertentu. Oleh karena itu, penderita presbiopi tidak dapat melihat benda jauh dengan jelas dan juga tidak dapat membaca pada jarak baca normal.



Gambar 9.29. Mata presbiopi

Mata presbiopi dapat ditolong dengan kaca mata berlensa rangkap, untuk melihat jauh dan untuk membaca. Jenis kacamata yang berfungsi rangkap ini disebut kacamata bifokal.

c) Cacat mata astigmatisme dikoreksi dengan kacamata silindris. Untuk mengetahui apakah seseorang astigmatisme atau tidak, dilakukan pengujian dengan memperlihatkan suatu pola dan orang tersebut diminta melihatnya secara seksama dengan satu mata (bola mata lain tertutup). Penderita **Astigmatisme**

Cacat mata astigmatisme disebabkan oleh kornea mata yang tidak terbentuk sferik (iris bola), melainkan lebih melengkung pada satu

bidang daripada bidang lainnya (bidang silinder). Akibatnya, benda titik difokuskan sebagai garis pendek. Seperti ditunjukkan pada gambar, suatu lensa silindris memfokuskan sebuah titik menjadi suatu garis yang sejajar dengan sumbu utamanya. Mata astigmatisma juga memfokuskan sinar-sinar pada bidang vertikal lebih pendek daripada sinar-sinar pada bidang horizontal

astigmatisma melihat garis-garis yang difokuskan secara tajam tampil gelap, sedangkan garis-garis yang dipancarkan tampil kelabu (abu-abu).

#### d) **Katarak dan Glaukoma**

Cacat mata juga dapat disebabkan oleh penyakit. Seorang yang berumur panjang suatu waktu dalam hidupnya akan mengalami pembentukan **katarak**, yang membuat lensa matanya secara parsial atau secara total buram (tak tembus cahaya). Pengobatan umum untuk katarak adalah operasi pemberian lensa . penyakit lainnya disebut **glaukoma**, yang disebabkan oleh peningkatan abnormal pada tekanan fluida dalam mata. Peningkatan tekanan ini dapat menyebabkan pengurangan suplai darah ke retina, yang akhirnya dapat mengarah pada kebutaan.

### b. **Kamera**

#### 1) **Bagian-Bagian Kamera**

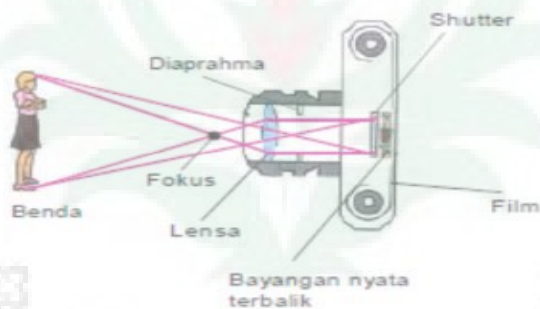
Kamera terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

- 1) Lensa, berfungsi membiaskan cahaya dan membentuk bayangan nyata, terbalik dan diperkecil
- 2) Shutter, berfungsi mengatur besar kecilnya lubang cahaya
- 3) Film, berfungsi untuk menangkap bayangan nyata yang dibentuk oleh lensa

4) Celah Diafragma (aperture), berfungsi mengatur intensitas cahaya yang masuk

## 2) Proses Pembentukan Bayangan

Pola kerja kamera mirip dengan mata kita. Jika pada mata, jarak bayangan adalah tetap dan pemfokusan dilakukan dengan mengubah-ubah jarak fokus lensa mata sesuai dengan jarak benda yang diamati, maka pada kamera jarak fokus lensa tetap. Pemfokusan dilakukan dengan mengubah-ubah jarak bayangan sesuai dengan jarak benda yang difoto. Jarak bayangan yaitu jarak antara film dan lensa, diatur dengan menggerakkan lensa kamera.



Gambar 9.30. Pembentukan bayangan pada kamera

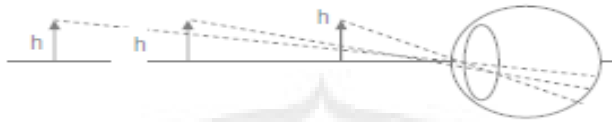
### c. Lup

Lup atau kaca pembesar adalah alat optik yang terdiri atas sebuah lensa cembung yang membentuk sebuah bayangan maya, tegak dan diperbesar.

#### 1) Proses Pembentukan Bayangan

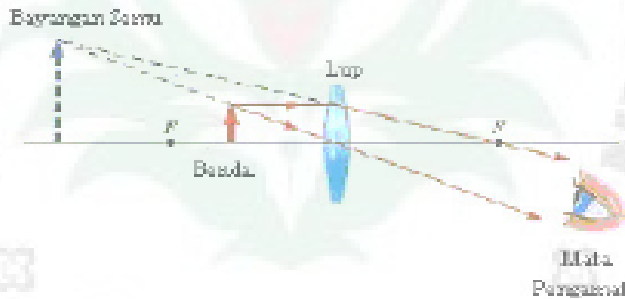
Misalnya, sebuah benda setinggi  $h$  diamati dengan sudut penglihatan yang berbeda-beda. Bayangan yang terjadi pada retina lebih besar jika sudut penglihatan diperbesar ( $h_3 > h_2 > h_1$  karena sudut penglihatan  $\alpha > \beta > \gamma$ ).





Gambar 9.31. Pembentukan bayangan pada lup

Cara lain untuk memperbesar sudut penglihatan adalah dengan menggunakan lensa cembung (+) atau lup. Lup dipasang di antara mata dan benda yang akan diamati. Kemudian lup digeser mendekati benda tersebut sampai terlihat lebih besar dan jelas (letak benda harus di antara lensa dan  $F$  seperti gambar berikut)



Gambar 9.32. Pembentukan bayangan pada lup

## 2) Perbesaran

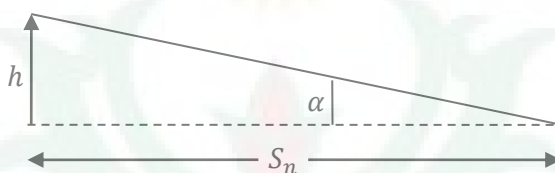
Lup atau kaca pembesar adalah alat optik yang terdiri dari sebuah lensa cembung. Umumnya lup digunakan untuk melihat angka-angka yang sangat kecil dan banyak digunakan oleh tukang arloji untuk melihat komponen-komponen arloji berukuran kecil.

Ukuran angular jika kita melihat benda dengan menggunakan lup adalah lebih besar dari ukuran angular jika kita melihatnya langsung dengan mata. Karena itu kita memiliki perbesaran angular. Kita akan meninjau tiga kasus perbesaran angular sebuah lup, yaitu perbesaran angular lup ketika:

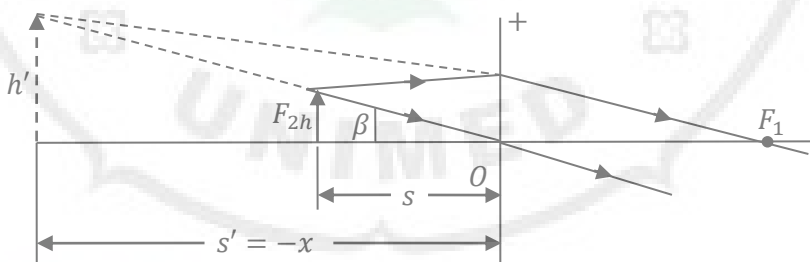
**a) Mata berakomodasi pada jarak  $x$**

Lup adalah sebuah lensa cembung dan telah kita ketahui bahwa bayangan maya, tegak dan diperbesar dapat kita amati pada lup (lensa cembung) jika benda ditaruh di antara  $O$  dan  $F$ , atau jika jarak benda  $s$  memenuhi  $0 < s < f$ .

Ukuran angular paling besar oleh mata langsung tanpa lup diperoleh jika benda diletakkan pada titik dekat mata.



(a) Melihat benda secara langsung



(b) Melihat benda menggunakan lup dengan mata berakomodasi pada jarak  $x$

Gambar 9.33. Penglihatan mata dengan LU

Perhatikan sinar-sinar paraksial, nilai sudut dalam radian mendekati nilai tangennya. Dengan demikian,

$$\alpha = \tan \alpha = \frac{h}{S_n} \dots\dots\dots(9.16)$$

$$\beta = \tan \beta = \frac{h'}{x} \dots\dots\dots(9.17)$$

Sesuai defenisi perbesaran angular, persamaan menjadi

$$M_a = \frac{\beta}{\alpha} \rightarrow M_a = \frac{h'/x}{h/S_n} \rightarrow M_a = \left(\frac{h'}{h}\right) \left(\frac{S_n}{x}\right)$$

Dari persamaan perbesaran linear lensa telah diketahui bahwa

$$\frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s} \dots\dots\dots(9.18)$$

Dengan demikian persamaan menjadi

$$M_a = \left(\frac{-s'}{s}\right) \left(\frac{S_n}{x}\right) \dots\dots\dots(9.19)$$

Seperti telah dinyatakan bahwa untuk mata berakomodasi pada jarak  $x$ , bayangan harus terletak di depan lup sejauh  $x$ , sehingga  $s' = -x$ . Substitusi nilai ini ke dalam persamaan di atas akan menghasilkan rumus umum perbesaran angular, yaitu

$$M_a = \left(\frac{-x}{s}\right) \left(\frac{S_n}{x}\right)$$

$$M_a = \left(\frac{S_n}{s}\right) \dots\dots\dots(9.20)$$

Dari rumus lensa tipis kita peroleh

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'} \rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{-x}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} + \frac{1}{x} = \frac{x+f}{fx} \dots\dots\dots(9.21)$$

Jika nilai  $\frac{1}{s}$  ini kita substitusikan ke dalam persamaan umum perbesaran angular, diperoleh

$$M_a = \frac{1}{s} S_n = \left(\frac{x+f}{fx}\right) S_n = \frac{xS_n + fS_n}{fx}$$

$$M_a = \frac{xS_n}{fx} + \frac{fS_n}{fx}$$

$$\frac{S_n}{f} + \frac{S_n}{x} \dots\dots\dots(9.22)$$

### b) Mata berakomodasi maksimum

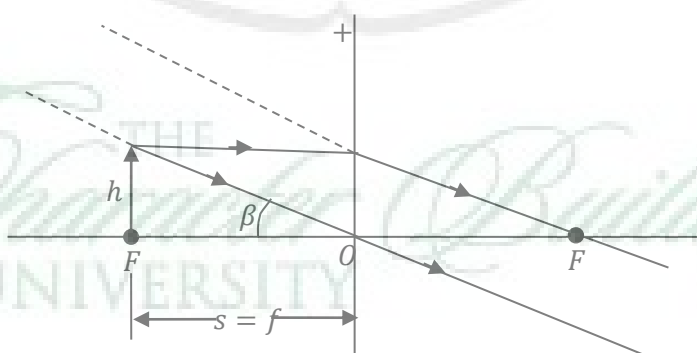
Agar mata yang mengamati benda melalui sebuah lup berakomodasi maksimum, maka bayangan harus terletak di titik dekat mata. Dengan demikian  $s' = -S_n$  dengan  $S_n$  adalah jarak titik dekat mata pengamat. Dengan demikian,  $x = S_n$  dan dengan mensubstitusikan nilai ini dalam persamaan , kita peroleh rumus perbesaran untuk mata berakomodasi maksimum

$$M_a = \frac{S_n}{f} + \frac{S_n}{x} = \frac{S_n}{f} + \frac{S_n}{S_n}$$

$$M_a = \frac{S_n}{f} + 1 \dots\dots\dots(9.23)$$

### c) Mata tidak berakomodasi

Agar mata yang mengamati benda melalui lup tidak cepat lelah, maka lup digunakan dengan mata tidak berakomodasi. Caranya adalah dengan menempatkan benda di titik fokus lensa sehingga sinar-sinar yang mengenai mata adalah sejajar



Gambar 9.34. Lukisan pembentukan bayangan sebuah lup untuk mata tidak berakomodasi

Ukuran angular untuk mata tidak berakomodasi adalah

$$\beta = \tan \beta = \frac{h}{f} \dots\dots\dots(9.24)$$

Sesuai dengan defenisi perbesaran angular

$$M_a = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h/f}{h/S_n}$$

$$M_a = \frac{S_n}{f} \dots\dots\dots(9.25)$$

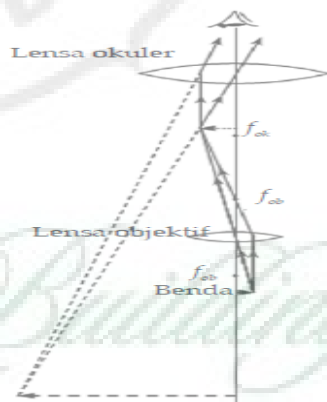
**Catatan:**

Rumus perbesaran angular ini berlaku untuk mata yang memiliki titik jauh tak berhingga. Jika pengamat dengan mata tidak berakomodasi memiliki titik jauh bernilai tertentu (bukan tak berhingga), maka untuk menghitung perbesaran angularnya menggunakan persamaan umum perbesaran  $M_n = \frac{S_n}{r}$ .

**d. Mikroskop**

Mikroskop adalah alat optik yang diperlukan untuk melihat benda-benda yang sangat kecil. Sebuah mikroskop terdiri atas susunan dua lensa cembung. Lensa cembung yang dekat dengan benda disebut lensa objektif. Lensa cembung yang dekat dengan mata disebut lensa okuler. Jarak fokus lensa okuler lebih besar daripada jarak fokus lensa objektif. Benda yang diamati diletakkan di depan lensa objektif di antara  $F_{ob}$  dan  $2F_{ob}$  ( $f_{ob} < s_{ob} < 2f_{ob}$ ).

Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif bersifat nyata, terbalik dan diperbesar. Bayangan ini dipandang sebagai benda oleh lensa okuler. Supaya bayangan tersebut diperbesar, maka harus diletak di depan lensa okuler. Jadi, lensa okuler berfungsi seperti lup. Bayangan akhir yang dibentuk oleh lensa okuler



Gambar 9.35. Pembentukan bayangan pada mikroskop

terletak di depan lensa okuler, bersifat maya, diperbesar dan terbalik terhadap arah benda semula.

**a) Perbesaran Mikroskop**

Karena mikroskop disusun oleh dua buah lensa, yaitu lensa objektif dan lensa okuler, maka perbesaran total mikroskop tentu sama dengan hasil kali dari kedua perbesaran lensa ini. Untuk lensa objektif, perbesaran yang dialami benda adalah perbesaran linier, sehingga rumus perbesaran objektif,  $M_{ob}$ , persis sama dengan rumus perbesaran linier lensa tipis, yaitu:

$$M_{ob} = \frac{h'_{ob}}{h_{ob}} = \frac{-s'_{ob}}{s_{ob}} \dots\dots\dots(9.26)$$

Keterangan:

- $M_{ob}$  = Perbesaran objektif
- $h'_{ob}$  = Tinggi bayangan
- $h_{ob}$  = Tinggi benda
- $s'_{ob}$  = Jarak bayangan
- $s_{ob}$  = Jarak benda

Karena lensa okuler berfungsi seperti lup  $0 < s_{ok} \leq f_{ok}$ , maka rumus perbesaran okuler,  $M_{ok}$ , persis seperti rumus perbesaran angular lup yaitu:

**Mata berkakomodasi maksimum:**

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 \dots\dots\dots(9.27)$$

**Mata tak berkakomodasi:**

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} \dots\dots\dots(9.28)$$

Perbesaran total mikroskop (M) adalah hasil kali antara perbesaran objektif dan okuler

$$M = M_{ob} + M_{ok} \dots \dots \dots (9.29)$$

**b) Panjang mikroskop**

Panjang mikroskop adalah jarak antara lensa objektif dan lensa okuler mikroskop. Pada sebuah mikroskop, bayangan dari lensa objektif merupakan benda dari lensa okuler. Oleh karena itu panjang mikroskop, *d*, secara umum dinyatakan sebagai berikut:

$$d = s'_{ob} + s_{ok} \dots \dots \dots (9.30)$$

Keterangan:

- d* = Panjang mikroskop
- s'\_{ob}* = Jarak bayangan objektif
- s\_{ok}* = Jarak benda okuler

Untuk pengamatan mikroskop dengan mata tidak berakomodasi, bayangan objektif harus jatuh di titik fokus okuler, sehingga panjang mikroskop, *d*, dinyatakan oleh

$$d = s'_{ob} + f_{ok} \dots \dots \dots (9.31)$$

Keterangan:

- d* = Panjang mikroskop
- s'\_{ob}* = Jarak bayangan objektif
- f\_{ok}* = Titik fokus okuler

**CONTOH 9.4**

1. Sebuah mikroskop memiliki jarak fokus lensa objektif dan lensa okuler masing-masing 10 mm dan 5 cm. Sebuah benda ditempatkan 11 mm di depan lensa objektif. Tentukan perbesaran mikroskop pada pengamatan:
  - a. tanpa akomodasi,
  - b. berakomodasi maksimum,
  - c. berakomodasi pada jarak 50 cm.

Dik :  $f_{ob} = 10 \text{ mm}$

$$f_{ok} = 5 \text{ cm}$$

$$s_{ob} = 11 \text{ mm}$$

$$s_n = 25 \text{ cm}$$

Dit : perbesaran mikroskop pada pengamatan:

- tanpa akomodasi,
- berakomodasi maksimum,
- berakomodasi pada jarak 50 cm.

Jawab : Jarak bayangan oleh lensa objektif

$$\frac{1}{s'_{ob}} = \frac{1}{f_{ob}} - \frac{1}{s_{ob}} \Rightarrow \frac{1}{10 \text{ mm}} - \frac{1}{11 \text{ mm}} = \frac{1}{110 \text{ mm}}$$
$$\rightarrow s'_{ob} = 110 \text{ mm}$$

Perbesaran yang dihasilkan oleh lensa objektif

$$M_{ob} = \frac{s'_{ob}}{s_{ob}} = \frac{110}{11} = 10 \text{ kali}$$

Perbesaran sudut yang dihasilkan oleh lensa okuler

- pada pengamatan tanpa akomodasi

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} = \frac{25}{5} = 5 \text{ kali}$$

- pada pengamatan dengan berakomodasi maksimum

$$M_{ok} = \frac{s_n}{f_{ok}} + 1 = \frac{25}{5} + 1 = 6 \text{ kali}$$

- pada pengamatan dengan berakomodasi pada jarak 50 cm,  $s'_{ok} = 50 \text{ cm}$

$$\frac{1}{s'_{ok}} = \frac{1}{f_{ok}} - \frac{1}{s_{ok}} = \frac{1}{5} - \frac{1}{-50} = \frac{11}{50} \text{ cm}$$

Sehingga

$$M_{ok} = \frac{s_n}{s_{ok}} = s_n \left( \frac{1}{s_{ok}} \right) = 25 \text{ cm} \times \frac{11}{50} \text{ cm} = 5,5 \text{ kali}$$

Perbesaran total mikroskop

- pada pengamatan tanpa akomodasi

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = 10 \times 5 = 50 \text{ kali}$$



- pada pengamatan dengan berakomodasi maksimum  

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = 10 \times 6 = 60 \text{ kali}$$
- pada pengamatan dengan berakomodasi pada jarak 50 cm  

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = 10 \times 5,5 = 55 \text{ kali}$$

### e. Teropong

Teropong atau teleskop adalah alat optik yang digunakan untuk melihat benda-benda yang sangat jauh agar tampak lebih dekat dan jelas.

Ada dua jenis utama teropong yaitu:

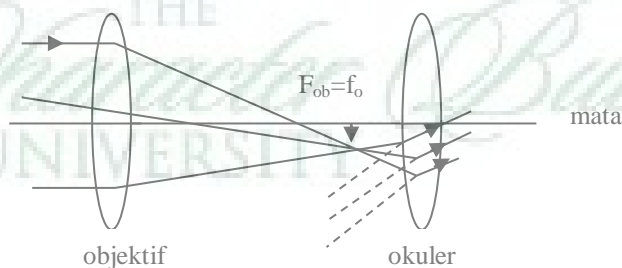
1. Teropong bias, yang terdiri atas beberapa lensa
2. Teropong pantul, yang terdiri atas beberapa cermin dan lensa

#### Teropong Bias

Teropong jenis ini disebut teropong bias karena sebagai lensa objektif digunakan lensa yang berfungsi membiaskan cahaya. Ada empat macam teropong bias yaitu:

##### 1) Teropong Bintang atau Teropong Astronomi

Teropong bintang menggunakan dua lensa cembung, masing-masing sebagai lensa objektif dan lensa okuler dengan jarak fokus objektif lebih besar daripada jarak fokus okuler ( $f_{ob} > f_{ok}$ ). Diagram sinar pembentukan bayangan pada teropong untuk mata tak terakomodasi sebagai berikut:



Gambar 31. Diagram pembentukan bayangan pada teropong astronomi

Perbesaran dan panjang teropong bintang memenuhi persamaan-persamaan sebagai berikut:

1. Untuk mata tak terakomodasi

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + f_{ok}$$

Keterangan :

$M$  = Perbesaran teropong

$d$  = Jarak antara kedua lensa

$f_{ok}$  = Titik fokus objektif

$f_{ob}$  = Titik fokus lensa okuler

2. Untuk mata berakomodasi maksimum ( $s' = -s_n$ )

$$M = \frac{f_{ob}}{s_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + s_{ok}$$

Keterangan:

$M$  = Perbesaran teropong

$d$  = Jarak antara kedua lensa

$s_{ok}$  = Jarak lensa objektif

$f_{ob}$  = Titik fokus lensa okuler

### CONTOH 9.5

Sebuah teropong bintang memiliki lensa objektif dengan jarak fokus 150 cm dan lensa okuler dengan jarak fokus 30 cm. Teropong bintang tersebut dipakai untuk melihat benda-benda langit dengan mata tak berakomodasi.

Tentukanlah:

- Perbesaran teropong
- panjang teropong.

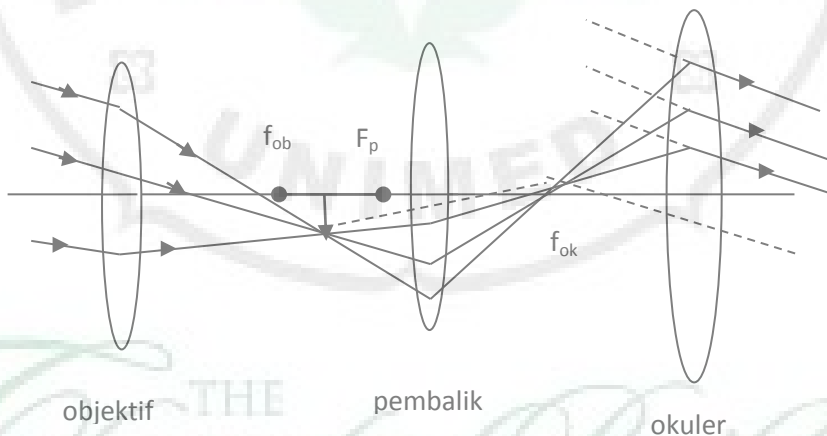
Dik :  $f_{ob} = 150 \text{ cm}$   
 $f_{ok} = 30 \text{ cm}$

Dit : a.  $M = \dots ?$   
 b.  $d = \dots ?$

Jawab : a.  $M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} = \frac{150 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 5 \text{ kali}$   
 b.  $d = f_{ob} + f_{ok} = 150 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 180 \text{ cm}$

## 2) Teropong Bumi

Teropong bumi menggunakan tiga jenis lensa cembung. Lensa yang berada di antara lensa objektif dan lensa okuler berfungsi sebagai lensa pembalik, yakni untuk pembalik bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif. Diagram sinar pembentukan bayangan pada teropong bumi mata tak berakomodasi sebagai berikut:



Gambar 9.36. Diagram pembentukan bayangan pada teropong bumi  
 Perbesaran dan panjang teropong bumi untuk mata tak berakomodasi berturut-turut memenuhi persamaan:

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + 4f_p + f_{ok} \dots(9.31)$$

Dengan  $f_p$  adalah jarak fokus lensa pembalik

### CONTOH 9.4

Teropong bumi dengan jarak fokus lensa objektif 40 cm, jarak fokus lensa pembalik 5 cm, dan jarak fokus lensa okulernya 10 cm. Supaya mata melihat bayangan tanpa akomodasi, berapakah jarak antara lensa objektif dan lensa okuler teropong tersebut?

Dik :  $f_{ok} = 40 \text{ cm}$

$$f_{ob} = 10 \text{ cm}$$

$$f_p = 5 \text{ cm}$$

Dit :  $d = \dots ?$

Jawab :  $d = f_{ob} + 4f_p + f_{ok}$   
 $= 10 \text{ cm} + (4 \cdot 5 \text{ cm}) + 40 \text{ cm}$   
 $= 70 \text{ cm}$

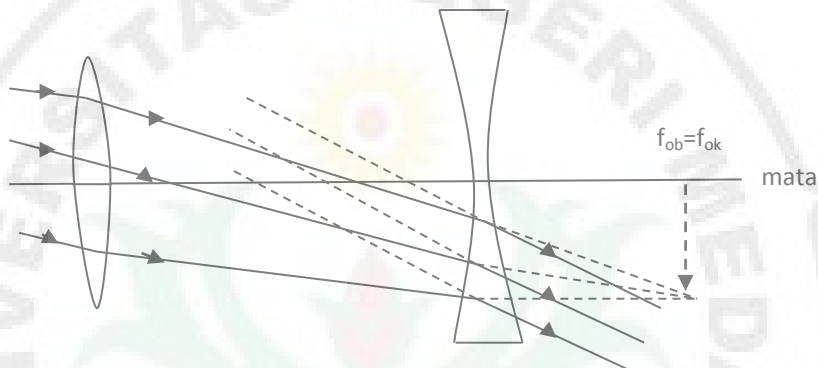
### 3) Teropong Prisma atau Binokuler

Pada persamaan  $d = f_{ob} + 4f_p + f_{ok}$  tampak bahwa dengan adanya lensa pembalik, teropong bumi menjadi relatif panjang. Lensa pembalik dapat digantikan dengan prisma. Untuk membalik bayangan, teropong prisma menggunakan dua prisma siku-siku sama kaki yang disisipkan diantara lensa objektif dan lensa okuler.

Tiap setengah bagian teropong terdiri atas satu lensa objektif, satu lensa okuler, dan sepasang prisma siku-siku sama kaki yang dilekatkan satu sama lain pada sudut siku-sikunya. Sepasang prisma itu digunakan untuk membalik bayangan dengan pemantulan sempurna. Hasilnya prisma membalik bayangan lensa objektif, sehingga bayangan akhir yang dibentuk lensa okuler terlihat oleh mata tegak terhadap arah benda semula.

#### 4) Teropong Panggung atau teropong Galileo

Teropong panggung atau teropong Galileo menggunakan sebuah lensa cembung sebagai objektif dan sebuah lensa cekung sebagai okuler. Diagram sinar pembentukan bayangan pada teropong panggung sebagai berikut



Gambar 9.37. Pembentukan bayangan pada teropong panggung

Perbesaran dan panjang teropong panggung untuk mata tak berakomodasi berturut-turut memenuhi persamaan:

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + f_{ok} \quad \dots\dots(9.32)$$

Oleh karena lensa okulernya adalah lensa cekung maka  $f_{ok}$  bertanda negatif.

#### CONTOH 9.5

Sebuah teropong panggung dipakai untuk melihat bintang yang menghasilkan perbesaran 6 kali. Jarak lensa objektif dan okulernya 30 cm. Teropong tersebut digunakan dengan mata tak berakomodasi. Tentukanlah jarak fokus lensa okulernya.

Dik :  $M = 6$  kali

$$d = 30 \text{ cm}$$

Misalkan,  $f_{ok} = -a$  (lensa cekungnya)

Dit :  $f_{ok} = \dots ?$

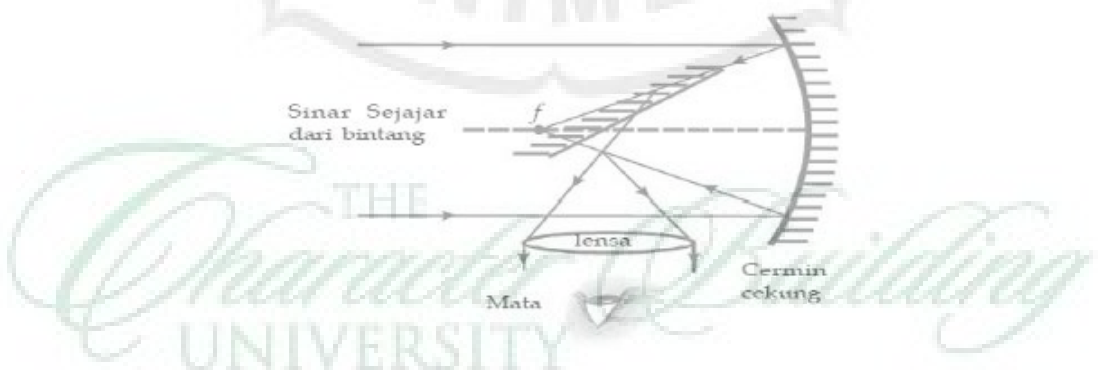
Jawab : •  $M = \left| \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \right| = 6 \rightarrow f_{ob} = 6|f_{ok}| = 6a$

•  $d = f_{ob} + f_{ok} \rightarrow 30 = 6a - a = 5a \rightarrow a = 6 \text{ cm} \rightarrow$   
 $f_{ok} = -6 \text{ cm}$

Dengan demikian, jarak fokus lensa okulernya adalah 6 cm.

### 5) Teropong Pantul

Teropong pantul tersusun atas beberapa cermin dan lensa. Teropong jenis ini menggunakan cermin cekung besar sebagai objektif untuk memantulkan cahaya, cermin datar kecil yang diletakkan sedikit di depan titik fokus cermin cekung  $F$ , dan sebuah lensa cembung yang berfungsi sebagai okuler



Gambar 9.38. Pembentukan bayangan pada teropong pantul

Mengapa cermin digunakan sebagai pengganti lensa objektif?

1. Cermin lebih mudah dibuat dan murah daripada lensa
2. Cermin tidak mengalami aberasi kromatik (penguraian warna) seperti lensa
3. Cermin lebih ringan daripada lensa yang berukuran sama sehingga lebih mudah digantung.

Berdasarkan ketiga alasan tersebut, penggunaan cermin sebagai objektif pada teropong pantul lebih disukai daripada lensa. Dalam kenyataannya, teropong astronomi terbesar adalah jenis teropong pantul. Teropong pantul yang sangat terkenal adalah teropong pantul dengan diameter 500 cm di Mount Palomar, USA.

### SOAL-SOAL LATIHAN

1. Sebuah benda diletakkan pada jarak 4,1 mm di depan lensa objektif yang jarak fokusnya 4,0 mm. Jika perbesaran okuler 10 kali, berapakah perbesaran yang dihasilkan mikroskop?
2. Suatu lapisan tipis minyak ( $n_m=1,45$ ) mengapung di atas air ( $n_a=1,33$ ). Sinar datang pada lapisan minyak dengan sudut datang  $30^\circ$ . Jika  $\theta$  adalah sudut bias sinar di dalam air, tentukanlah nilai  $\sin \theta$ ?
3. Sebuah benda yang tingginya 12 mm diletakkan di depan lensa cembung yang jarak fokusnya 10 cm sehingga terbentuk bayangan 30 cm dari lensa. Tentukan letak benda dan tinggi bayangannya?
4. Seorang berpenglihatan dekat memiliki titik jauh 250 cm. Tentukan jarak fokus dan kekuatan lensa kontak yang memungkinkannya melihat benda-benda jauh dengan jelas!
5. Sebuah kamera sederhana memiliki lensa konvergen dengan jarak fokus 5 cm dan memberikan bayangan tajam pada film ketika

digunakan untuk memotret suatu objek yang jauhnya 1 meter dari lensa kamera. Berapa jauhkah lensa kamera harus digeser dan kemanakah arahnya jika kamera itu sekarang digunakan untuk memotret objek yang sangat jauh?

6. Seseorang yang bermata terang dekat dengan titik jauh 2 m hendak menggunakan lup. Jarak fokus lup adalah 12,5 cm dan orang tersebut membaca dengan tidak berakomodasi. Tentukan letak bayangan tulisan terhadap lup dan perbesaran angular!
7. Jarak fokus lensa objektif dan lensa okuler sebuah mikroskop adalah 2 cm dan 10 cm. Sebuah benda diletakkan pada jarak 2,1 cm di depan lensa objektif. Tentukanlah:
  - a. perbesaran tanpa akomodasi dan berakomodasi maksimum
  - b. panjang mikroskop untuk pengamatan tanpa akomodasi dan berakomodasi maksimum.
8. Teropong bintang memiliki perbesaran angular 10 kali. Jika jarak titik api objektifnya 50 cm, tentukan panjang teropong!

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY



## D. LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS ICARE (LKMB ICARE)

### LKMB ICARE 9.1

#### A. Introduction (I)

**JUDUL** : Cermin Datar

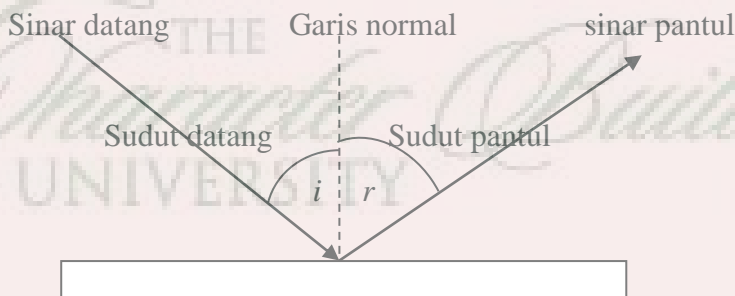
**TUJUAN** : Menghitung jumlah bayangan yang terjadi pada dua cermin datar berdasarkan percobaan untuk beberapa sudut berbeda

#### B. Connecting (C)

Cermin adalah permukaan halus, rata dan mengkilap yang memantulkan seluruh cahaya yang datang padanya.

Sifat pemantulan cahaya telah diselidiki oleh Willeboord Snellius (1591-1626). Pemantulan cahaya pada cermin datar mengikuti hukum Snellius. Hukum Snellius berbunyi sebagai berikut :

1. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu titik dan satu bidang datar.
2. Sudut datang ( $\alpha_i$ ) sama dengan sudut pantul ( $\alpha_r$ )



Hukum pemantulan tersebut dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut :

$$i = r$$

Jumlah bayangan dari dua cermin datar membentuk sudut  $\alpha$  dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$n = \frac{360}{\alpha^\circ} - m$$

### C. Applying (A)

#### Alat dan Bahan

Nama Alat/Bahan	Jumlah
Cermin datar	1
Laser/sumber cahaya	1
Softboard	1
Kertas putih/HVS	1
Penggaris	1
Diafragma	1
Busur derajat	1
Jarum pentul	1

#### Prosedur Percobaan:

1. Pasangkan dua cermin datar membentuk sudut pada bidang datar yang datar seperti softboard (antara cermin boleh diberi engsel)
2. Ukur sudut diantara dua cermin ( $\alpha$ ) tersebut dimulai  $60^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $90^\circ$

3. Letakkan jarum pentul di suatu titik sembarang softboard diantara kedua cermin yang membentuk sudut.
4. Amati dan hitung jumlah bayangan yang Nampak didalam kedua cermi bersudut tersebut.
5. Ulangi percobaan untuk beberapa sudut yang berbeda.
6. Isi data percobaan pada tabel pengamatan berikut ini :

Tabel Pengamatan

No	A	$\Sigma n$	$360^\circ / \alpha$	$360^\circ / \alpha - 1$
1				
2				
3				
4				
5				

#### D. Reflecting (R)

Kemukakan hal-hal yang Anda dapatkan setelah melakukan kegiatan percobaan optik:

1. Hal hal yang sudah dicapai melalui kegiatan percobaan optik:

.....  
 .....

2. Hal-hal yang belum dimengerti atau belum tercapai terkait dengan kegiatan percobaan optik :

.....  
 .....

#### E. Extending (E)

Setelah melakukan percobaan untuk optic, rancanglah percobaan sederhana dengan menggunakan prinsip yang sama, kemudian buatlah laporan.

# BAB X

## MISKONSEPSI

### A. PENDAHULUAN

Guru memiliki peran yang sangat penting dalam membangun karakter peserta didik, mampu menciptakan suasana belajar mengajar yang aktif, dan menyenangkan bagi peserta didik. Pembelajaran yang aktif dan menyenangkan mempermudah bagi siswa untuk dapat menyerap dan menerima ilmu yang diberikan oleh guru.

Tujuan pembelajaran mata pelajaran Fisika antara lain adalah untuk menghantarkan peserta didik menguasai konsep-konsep Fisika dan menghubungkannya dengan kehidupan sehari-hari (Saputri, et all 2015). Peserta didik diharapkan memiliki pemahaman konsep Fisika yang sesuai dengan literatur dan konsep para ahli. Pemahaman konsep itu sendiri merupakan dasar dari sebuah konsep sebelum peserta didik menjabarkan konsep tersebut ke dalam rumus-rumus (Amin, et all 2016). Pendekatan pembelajaran di sekolah saat ini cenderung masih memusatkan guru sebagai sumber belajar atau *teacher centered.*, menggunakan metode ceramah yang kurang melibatkan siswa aktif dalam proses pembelajaran.

Hal ini dapat menyebabkan peserta didik tidak selalu dapat menyerap informasi yang disampaikan guru sepenuhnya, sehingga adakalanya konsep yang dipahami peserta didik tidak sesuai atau berbeda dengan konsep yang dikemukakan para ahli (Syahrul, et all 2015). Ketidaksesuaian pemahaman yang dipahami oleh peserta didik dengan konsep menurut para ahli disebut miskonsepsi atau konsep alternatif. Miskonsepsi merupakan hambatan bagi siswa untuk memahami dan menguasai materi karena miskonsepsi dapat dikatakan suatu kesalahan. Dalam pembelajaran Fisika masih banyak peserta didik mengalami miskonsepsi yang harus segera dapat diatasi karena dapat menghambat peserta didik dalam memahami konsep-konsep ilmiah (Alfian 2015).

## B. PENGERTIAN KONSEP, KONSEPSI, DAN MISKONSEPSI

Kata konsep dalam kehidupan sehari-hari memiliki dua arti yang berbeda. Salah satu arti dari konsep itu adalah “rancangan”. Konsep surat artinya rancangan surat. Arti lain dari konsep adalah “pengertian”. Konsep kursi artinya pengertian kursi. Konsep kursi ini adalah sesuatu yang terbentuk dalam pikiran kita mengenai kursi yang memungkinkan kita mengenali benda yang bernama kursi. Seseorang dikatakan memiliki konsep kursi jika ia mengerti apa yang dimaksud dengan kursi (Kertiasa, 1994).

Roser (dalam Dahar, 1991) mendefinisikan konsep adalah suatu abstraksi yang mewakili suatu kelas objek-objek, kejadian-kejadian, kegiatan-kegiatan, atau hubungan-hubungan yang mempunyai atribut-atribut yang sama. Contoh: manusia. Walaupun setiap individu berbeda dari yang lain, namun ada kesamaan antara semua manusia, yang membedakan manusia dari meja, binatang, dan objek-objek lainnya. Kesamaan ciri-ciri khas untuk manusia itulah yang ditunjukkan simbol manusia.

Suatu konsep bersifat konkrit dan abstrak. Konsep konkrit dapat dilihat, sedangkan konsep abstrak tidak dapat dilihat dan harus dipelajari sesuai definisi. Contoh konsep abstrak misalnya cinta, kejujuran. Kedua kata itu mempunyai gambaran tertentu dalam mental kita yang digunakan oleh akal budi manusia untuk memahami tentang objek tertentu itu. Konsep konkrit maupun konsep abstrak harus mempunyai seperangkat sifat-sifat kritis, yaitu sifat-sifat yang membuatnya unik, yang menunjukkan dengan jelas sebagai suatu kelompok.

Berdasarkan penjelasan tersebut di atas, **konsep** adalah abstraksi dari ciri-ciri sesuatu yang mempermudah komunikasi antara manusia yang memungkinkan manusia berpikir. **Konsep** merupakan abstraksi mental yang mewakili satu kelas stimulus-stimulus. Suatu konsep telah dipelajari, bila yang diajar dapat menampilkan perilaku-perilaku tertentu.

Dampak penguasaan konsep siswa menurut Slameto (dalam Yusuf, 2010) ada dua, yaitu : (1) menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan masalah, dan (2) Ada dua kemungkinan yang terjadi apabila sebuah konsep telah dikuasai peserta didik, yaitu : (1) peserta didik dapat menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan masalah, (2) dapat memudahkan peserta didik untuk mempelajari konsep-konsep yang lain.

Tafsiran seseorang terhadap suatu konsep disebut **konsepsi**, sedangkan konsep yang dimiliki seseorang berbeda dengan konsep ilmu pengetahuan atau konsep yang diterima para pakar dalam bidang ilmu itu disebut **miskonsepsi**. Oleh . Menurut Kohle dan Norland ( dalam Berg, 1991) dinyatakan bahwa miskonsepsi sebagai suatu konsep atau ide yang menyimpang dari pendapat umum dengan konsensus ilmuwan.

Dalam proses pembelajaran formal baik disekolah maupun di kampus seorang peserta didik hendaknya memiliki pengetahuan awal/konsep awal yang akan digunakan ketika pembelajaran berlangsung. Namun terkadang konsep yang telah disiapkan seorang peserta didik dalam pembelajaran tidak sesuai dengan konsep yang telah dikemukakan oleh pakar atau ahli. Suparno (2005) menyatakan konsep awal yang tidak sesuai dengan pendapat para ahli atau suatu hukum yang berlaku disebut miskonsepsi atau salah konsep. Beliau juga menjelaskan bentuk miskonsepsi dapat berupa konsep awal, kesalahan, hubungan yang tidak benar antara konsep-konsep, dan pandangan yang naif.

Brown 1992 dalam (suparno, 2005) menjelaskan sebagai pandangan atau gagasan dalam pendefinisian yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah yang diterima sekarang. Fowler (1987) dalam suparno menjelaskan lebih rinci mengenai miskonsepsi. Beliau memandang miskonsepsi sebagai pengertian yang tidak akurat, penggunaan konsep yang salah, klasifikasi contoh-contoh yang salah, kekacauan konsep-konsep yang berbeda, dan hubungan hirarkis konsep-konsep yang tidak benar. Miskonsepsi terdapat dalam semua bidang sains seperti fisika, kimia, dan biologi.

### C. PENYEBAB MISKONSEPSI

Miskonsepsi akan terbentuk bila konsepsi seseorang mengenai suatu materi tidak sesuai dengan konsepsi yang diterima oleh ilmuwan atau pakar dibidangnya. Suatu miskonsepsi siswa bisa berasal dari beberapa sebab. Miskonsepsi siswa bisa berasal dari siswa sendiri, yaitu siswa salah menginterpretasi gejala atau peristiwa yang dihadapi dalam hidupnya. Selain itu, miskonsepsi yang dialami siswa bisa juga diperoleh dari pembelajaran dari gurunya. Pembelajaran yang dilakukan gurunya mungkin kurang terarah sehingga siswa melakukan interpretasi yang salah terhadap suatu konsep.

Suparno (2005) menjelaskan secara skematis penyebab miskonsepsi diuraikan seperti dalam tabel berikut ini:

**Tabel 2.1. Penyebab Miskonsepsi**

Penyebab	Penjelasan
Siswa	Prakonsepsi, pemikiran asosiatif, pemikiran humanistik, reasoning yang tidak lengkap, intuisi yang salah, tahap perkembangan kognitif siswa, kemampuan siswa, minat belajar siswa

Pengajar	Tidak menguasai bahan, bukan lulusan dari bidang ilmu fisika, tidak membiarkan siswa mengungkapkan gagasan/ide, relasi guru- siswa tidak baik
Buku Teks	Penjelasan keliru, salah tulis terutama dalam rumus, tingkat penulisan buku terlalu tinggi bagi siswa, tidak tahu membaca buk teks, buku fiksi dan kartun sains sering salah konsep karena alasan menariknya yang perlu, Konteks Pengalaman siswa, bahasa sehari-hari berbeda, teman diskusi yang salah, keyakinan dan agama, penjelasan orang tua/orang lain yang keliru, konteks hidup siswa (tv, radio, film yang keliru, perasaan senang tidak senang, bebas atau tertekan.
Cara mengajar	Hanya berisi ceramah dan menulis, langsung ke dalam bentuk matematika, tidak mengungkapkan kesalahan, tidak mengoreksi PR, model analogi yang dipakai kurang tepat, model demonstrasi sempit,dll

### **Contoh-contoh miskonsepsi pada siswa.**

Contoh miskonsepsi siswa dalam fisika, misalnya jika ada seorang duduk di atas sepeda tanpa menggenjotnya, mereka mengatakan tidak ada gaya yang bekerja, karena orang tersebut tidak aktif. Bagi siswa, cukup sulit untuk mengerti bahwa suatu benda terletak diatas meja pun memberikan suatu gaya pada meja tersebut, padahal ia tidak bergerak. Siswa memandang

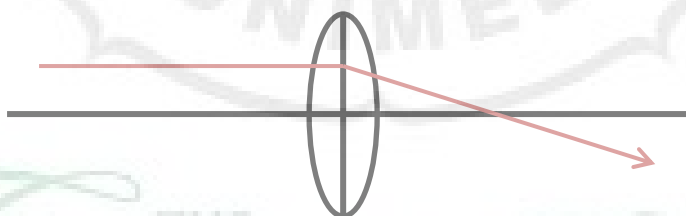


benda diatas meja sebagai seorang manusia. Seperti manusia, bila diam tidak melakukan gaya, maka benda yang diam diatas meja dipahami tidak mempunyai gaya.

Contoh lainnya adalah miskonsepsi siswa akan kekekalan energi. Sebagai manusia, bila bekerja terus dan bermain terus akan menjadi lelah dan lapar. Dari pengalaman sebagai manusia yang menjadi lapar dan kehabisan energi bila terus bekerja, siswa beranggapan bahwa kekekalan energi itu tidak mungkin terjadi. Energi pasti berkurang dan lenyap. Siswa tidak mudah untuk keluar dari pemikiran manusiawi ini.

Miskonsepsi siswa yang terjadi pada persoalan fisika mengenai fluida. Misalnya, siswa sering melihat bahwa benda padat yang dimasukkan ke dalam air selalu tenggelam. Maka secara spontan bila dihadapkan pada persoalan apakah gabus akan tenggelam; spontan siswa menjawab ‘ya’, karena gabus benda padat. Kemudian setelah dicoba, ternyata gabus itu mengapung.

Sebuah gambar juga dapat menyebabkan miskonsepsi. Contohnya pada pembiasan pada buku pelajaran fisika indonesia.



Gambar 10.1. sinar dibiaskan pada tengah lensa bukan pada permukaan lensa

Balam buku fisika SMP dan SMU digambarkan bahwa sinar-sinar istimewa pada proses pembiasan sinar itu terjadi pada tengah lensa bukan pada permukaan lensa. Padahal yang benar adalah pembiasan terjadi pada permukaan lensa karena terjadi perbedaan indeks bias antara dua medium yang berbeda.

**D. TES MISKONSEPSI**

1. Jika kecepatan benda bergerak meningkat maka percepatannya juga meningkat. Benar atau Salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....  
.....

2. Benda saat diam sebagai sesuatu yang alami di mana tidak ada gaya yang bekerja pada benda. Benar atau Salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....

3. Gaya yang menahan suatu benda hanya dapat dikenali dengan membedakannya dari gaya yang mendorong atau menarik yang bekerja pada benda. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....

4. Tekanan udara, gravitasi, atau benda yang mengintervensi (seperti meja) menghalangi jalan dapat membuat benda diam benda diam. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....

5. Gaya gravitasi ke bawah harus lebih besar daripada gaya ke atas agar membuat suatu benda tidak bergerak. Benar atau Salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....  
.....

6. Benda yang bergerak akan berhenti walaupun tidak ada gesekan. Benar atau Salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....  
.....

7. Jika ada gerak maka ada gaya yang bekerja. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....  
.....

8. Tidak mungkin ada gaya tanpa gerak dan jika tidak ada gerak, maka tidak ada gaya yang bertindak/bekerja. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....  
.....

9. Ketika suatu benda bergerak maka gaya bekerja yang bekerja pada searah dengan gerakannya.

Alasan:

.....  
.....  
.....

.....  
10. Benda bergerak memiliki gaya di dalamnya yang membuatnya terus berjalan. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....

11. Benda bergerak berhenti ketika gaya yang bekerja pada benda habis.

Alasan:

.....  
.....  
.....

12. Gerak sebanding dengan gaya yang bekerja dan kecepatan konstan dihasilkan dari gaya yang konstan.

Alasan:

.....  
.....  
.....

13. Gesekan adalah gaya. Benar atau salah

Alasan:

.....  
.....  
.....

14. Gesekan sama dengan sesuatu sebagai reaksi. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....

.....  
15. Gesekan dikaitkan dengan energi, khususnya panas. Benar atau salah.

Alasan:

.....  
.....  
.....  
.....



THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY



## DAFTAR RUJUKAN

1. Giancoli. 1998. *Fisika Jilid 1* (Edisi ke 5). Jakarta: Penerbit Erlangga.
2. Tipler, Paul A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga
3. Sears F.W. dan Zemansky, M.W. 1987. *Fisika Universitas Jilid 1*, (edisi 6). Jakarta: Penerbit Erlangga.
4. Inan Furodiah. 1997. *Fisika Dasar I*. Buku Panduan Mahasiswa Mekanika dan Panas. Jakarta: Penerbit Erlangga.
5. Sutrisno. 1982. *Seri Fisika dasar ITB bandung*
6. Sumarjono, dkk. 2005. *Fisika Dasar I*. Malang; Penerbit Universitas Negeri Malang (UM PRES).
7. Hewitt, Paul G. 2003. *Conceptual Physics*. New York: Pearson Education Inc.
8. Motlan dan Sinuraya, J. 2016. *Fisika Umum I*. Medan: Penerbit Unimed Press.
9. Marthen Kanginan. 1999. *Seribu Pena Fisika SMU Kelas I*. Jakarta: Erlangga.
10. Kanginan, Marthen. 2007. *Fisika untuk SMA kelas X*. Cimahi: Erlangga
11. Bob Foster. 1999. *Fisika SMU Kelas I Tengah Tahun Pertama*. Jakarta: Erlangga.
12. Gunawan. 1998. *100 dan Pembahasan Elastisitas dan Fluida*.
13. Yohanes Surya dan P. Ananta 1987. *Fisika SMA 2b Untuk Program-program Ilmu-ilmu Fisika dan Ilmu-ilmu Biologi*. Jakarta: PT. Intan Pariwara.
14. Soegito, dkk. 1991. *Fisika SMA Untuk Program Ilmu-ilmu Fisika dan Ilmu-ilmu Biologi*. Jakarta: Intan Pariwara.
15. Djoko Nugroho. 2009. *Mandiri Mengasah Kemampuan Diri: Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
16. Suparno, P. 2005. *Miskonsepsi & Perubahan Konsep Pendidikan Fisika*. Jakarta: Grasindo.
17. Thakur, M. K. 2017. *Management of Learning – Teaching Process*. Noida: National Institute Of Open Schooling .
18. Kertiasa, N. 1994. *Fisika I untuk Sekolah Menengah Umum Kelas I*. Jakarta: Balai Pustaka.
19. Dahar, R.W. 1991. *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Erlangga.
20. Suparno, P. 2005. *Miskonsepsi & Perubahan Konsep Pendidikan Fisika*. Jakarta: PT. Grasindo