

## Teori Konsep Dasar IPA

JULIANTO  
SURYANTI  
FITRIA HIDAYATI

Buku TEORI DASAR IPA ini pada hakekatnya untuk membantu peserta didik mengkaji teori yang berkaitan dengan materi yang ada di Mata Kuliah Konsep Dasar IPA. Melalui buku ini diharapkan pengetahuan peserta didik meningkat dan dapat mengaplikasikan konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

Buku "Teori Dasar IPA" ini terdiri atas 9 Bab, yaitu Metode Ilmiah, Besaran dan Satuan, Dinamika Partikel, Impuls dan Momentum, Usaha dan Energi, Pesawat Sederhana, Suhu dan Kalor, Benda dan Sifat-Sifatnya, dan Getaran.

# Teori Konsep Dasar IPA

JULIANTO  
SURYANTI  
FITRIA HIDAYATI

ISBN: 978-602-6930-37-8



Zifatama Publishing  
Jl. Taman Pondok Jati J3,  
Taman Sidoarjo  
Telp : 031-7871090  
Email : zifatama@gmail.com

Zifatama

Zifatama  
PUBLISHING

# **TEORI KONSEP DASAR IPA**

**JULIANTO  
SURYANTI  
FITRIA HIDAYATI**



# Teori Konsep Dasar IPA

Penulis : Julianto, Suryanti, Fitria Hidayati

© 2016

Diterbitkan Oleh:



Jl. Taman Pondok Jati J 3, Taman Sidoarjo

Telp/fax : 031-7871090

Email : zifatama@gmail.com

Diterbitkan pertama kali oleh Penerbit Zifatama Publisher,

Anggota IKAPI No. 149/JTI/2014

Cetakan Pertama, Oktober 2016

Ukuran/ Jumlah hal: 15,5 x 23 cm / vi + 210 hlm

Layout: Emji

Cover: Emji

ISBN : 978-602-6930-37-8

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ke dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit. Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta, Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 72, Ayat (1), (2), dan (6)

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan buku dengan judul "*TEORI KONSEP DASAR IPA*" dapat terselesaikan dengan baik. Buku ini pada hakekatnya untuk membantu peserta didik untuk mengkaji teori yang berkaitan dengan materi yang ada di Mata Kuliah Konsep Dasar IPA. Melalui buku ini diharapkan pengetahuan peserta didik meningkat dan dapat mengaplikasikan konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

Pada kesempatan ini juga penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan baik tingkat Fakultas Ilmu Pendidikan dan Jurusan Pendidikan Guru Sekolah Dasar yang telah memberikan motivasi untuk terus mengembangkan diri dan mendanai penerbitan buku ini, sehingga penulisan buku ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Penulis menyambut baik saran/kritik dari para pembaca dan pengajar, khususnya berkenaan dengan kesalahan dan kekurangan yang ditemukan dalam buku ini sehingga kedepan buku ini menjadi lebih baik dan sempurna.

Surabaya, September 2016

**Penulis**



# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
BAB I Metode Ilmiah .....	1
BAB II Besaran dan Satuan .....	31
BAB III Dinamika Partikel .....	49
BAB IV Impuls dan Momentum .....	85
BAB V Usaha dan Energi .....	97
BAB VI Pesawat Sederhana .....	111
BAB VII Suhu dan Kalor .....	137
BAB VIII Benda dan Sifat-Sifatnya .....	171
BAB IX Getaran .....	189
Daftar Pustaka .....	201



# **METODE ILMIAH**

## **A. PENDAHULUAN**

Kata metode telah sering didengar, diucapkan bahkan dipahami. Namun, apakah pemahaman tentang metode telah dilakukan secara komprehensif? Secara sederhana, metode berarti cara atau jalan yang ditempuh. Sehingga fungsi metode adalah sebagai alat untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

Jika dianalogkan dalam dunia pendidikan, metode mengajar adalah cara yang digunakan seorang pendidik dalam membelajarkan peserta didik. Masing-masing pendidik tentu memiliki cara yang berbeda-beda dalam mengajar, baik di dalam kelas maupun di luar kelas. Begitu juga dalam dunia kesehatan, hukum, ekonomi, serta dimensi lain, penggunaan metode lebih menjadi alat bantu dalam mencapai tujuan. Dalam istilah Ahmad Tafsir, metode adalah cara paling tepat dan cepat untuk mencapai tujuan (Tafsir, 1997:9).

Dalam pengertian ini metode lebih bersifat operasional praktis dibandingkan metodologi yang lebih berdimensi keilmuan. Pada tataran praktis, metode selaras dengan kondisi empiris pada setiap masalah yang diteliti. Metode dapat langsung diterapkan dalam tataran praktis penelitian, karena sudah bersifat operasional.



Belajar dan bekerja dalam bidang biologi atau IPA pada umumnya, akan berhubungan erat dengan tahapan-tahapan proses yang disebut *metode ilmiah*. Melalui metode ilmiah inilah berbagai penemuan ilmu pengetahuan terjadi. Bekerja secara ilmiah meliputi tahapan observasi, mengemukakan hipotesis berdasarkan data hasil observasi, melakukan eksperimen untuk menguji hipotesis, menganalisis hasil eksperimen, dan menyimpulkan berdasarkan hasil eksperimen.

Untuk dapat memiliki keterampilan proses dalam melakukan metode ilmiah, kalian juga perlu memahami ciri-ciri IPA, yaitu: Memiliki objek kajian berupa benda-benda konkret, dikembangkan berdasarkan pengalaman empiris, memiliki langkah-langkah sistematis, menggunakan cara berfikir logis, hasil objektif atau apa adanya, hasilnya berupa hukum-hukum yang berlaku umum. Kebenaran ilmiah merupakan kebenaran relative, yang dapat dipertimbangkan oleh penemuan terbaru. Belajar dengan pendekatan keterampilan proses dapat melatih siswa untuk menjadi ilmuwan.

## **B. URAIAN MATERI**

### **1. Pengertian Metode ilmiah**

Metode ilmiah adalah semua ilmu pengetahuan, baik ilmu pengetahuan sosial maupun ilmu pengetahuan alam dibentuk melalui penelitian sistematis. Metode tersebut berawal dari adanya gejala-gejala (fenomena) yang terjadi pada suatu obyek pengamatan, misalnya terjadinya perkaratan pada besi. Awalnya, para ahli melakukan

pengamatan (observasi) mengapa besi bisa berkarat, kemudian langkah selanjutnya melakukan penelitian (eksperimen) mencari penyebab terjadinya perkaratan. Dari eksperimen tersebut dikumpulkan banyak informasi yang direkam dalam bentuk catatan pengamatan atau disebut data. Data yang diperoleh dapat berupa data kualitatif yang berisi catatan tentang gejala yang terjadi pada obyek pengamatan dan dapat berupa data kuantitatif yang merupakan data hasil pengukuran.

Sebagai contoh lamanya waktu yang diperlukan sampai terbentuknya karat, serta massa besi sebelum dan sesudah mengalami perkaratan. Data tersebut diperoleh dari pengamatan yang dilakukan secara jujur, teliti dan cermat sehingga memberikan informasi yang cermat. Dari data tersebut dapat dipelajari fenomena yang terjadi secara utuh, untuk mengambil kesimpulan yang bersifat sementara yang disebut Hipotesis. Beberapa eksperimen diperlukan untuk menguji kebenaran dari hipotesis tersebut. Setelah informasi tersebut dapat dipertanggung jawabkan, maka terbentuklah suatu Hukum. Dalam ilmu pengetahuan adalah pernyataan verbal atau formulasi matematika yang menjelaskan hubungan fenomena yang terjadi, yang dapat terjadi pada kasus lain dengan kondisi dan situasi yang sama.

Hipotesis yang telah teruji dalam berbagai eksperimen dan hukum-hukum yang terkait dapat digunakan untuk menyusun Teori. Teori merupakan gabungan dari prinsip-prinsip yang tersusun dari beberapa hukum-hukum.

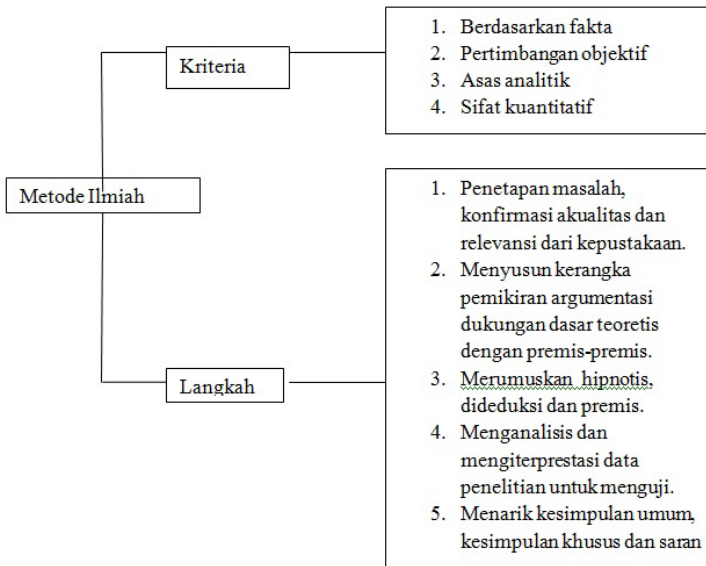
Perkembangan teknologi dapat menyebabkan teori yang pernah ada menjadi tidak tepat lagi. Sebab, dengan perkembangan teknologi akan diperoleh data-data pengamatan yang lebih akurat. Oleh karena itu teori tersebut harus diperbaiki atau bahkan diubah secara total.

Sebagai contoh bahwa teori selalu berkembang. Dimulai sejak 2000 tahun yang lalu, Democritus seorang filsuf Yunani kuno telah mengembangkan teori atom. Setelah John Dalton menemukan fakta-fakta baru dari hasil eksperimennya, maka teori atom Democritus ini diubah. Selanjutnya, setelah J. J. Thomson menemukan fakta lebih baru, maka dilakukan perbaikan lagi. Niels Bohr melalui percobaan tentang spektrum cahaya menemukan fakta baru tentang atom sehingga teori atom J. J. Thomson diperbaiki oleh Niels Bohr. Akhirnya, fakta baru yang ditemukan oleh de Broglie dan Heisenberg menyebabkan teori atom mengalami penyempurnaan. Sampai sekarang pun fakta-fakta baru tentang atom masih terus dicari dan ditemukan oleh para ahli, misalnya penemuan partikel-partikel baru penyusun atom sehingga akan terjadi kemungkinan teori atom yang saat ini diyakini kebenarannya akan mengalami penyempurnaan dimasa yang akan datang.

Adapun sistematika dalam rangka keilmuan lain lagi fungsinya. Dalam hal ini, mempunyai dwifungsi, di satu pihak berupa hasil upaya penemuan asas pengaturan, dan menjadi titik tolak ukur untuk menggalakkan penemuan-penemuan baru. Sementara itu, telah dikenal istilah metodologi, yaitu ilmu yang memperoleh metode-metode

ilmiah. Sedang metodik adalah kumpulan metode yang dapat dipilih dalam melakukan pendalaman objek studi yang bersangkutan. Disamping itu, dikenal pula istilah teknik, yaitu pelaksanaan operasional cara mengumpulkan data empiris berikut masing-masing tolak ukurnya. Perlu diingatkan bahwa system yang mampu mewujudkan ilmu pengetahuan bukan yang semata-mata mempunyai mempunyai kelengkapan struktur ilmu sebagai wahana fungsi proses deduksi dan proses induksi secara silih berganti, melainkan yang telah dilengkapi oleh metode ilmiah. Dalam hal ini, metode ilmiah adalah system dan metode yang secara ketat mengatur pengetahuan tentang gejala-gejala alam dan social.

Sedang penelitian adalah upaya sadar bahwa disertai kesengajaan dalam melakukan kegiatan menangkap gejala-gejala berdasarkan metode ilmiah dari disiplin ilmu yang bersangkutan. Dengan tujuan untuk menemukan prinsip-prinsip baru yang terdapat dibelakang gejala-gejala tersebut. Apa yang menjadi kreteria dan bagaimana langkah-langkah yang berlangsung dalam metode ilmiah, dapat diikuti pada gambar berikut.



**Gambar 1.** Skema kriteria dan langkah metode ilmiah

Dingatkan lagi bahwa metode ilmiah adalah cara dan sekaligus proses berlangsungnya kegiatan membangun ilmu pengetahuan dari pengetahuan yang masih bersifat prailmiah yang dilakukan secara sistematis dan mengikuti asas pengaturan procedural teknik normative, sehingga memenuhi persyaratan kesahihan atau kekhususan keilmuan yang lazim juga disebut validitas ilmiah yang secara ilmiah dapat dipertanggungjawabkan.

## 2. Karakteristik Metode Ilmiah

Di dalam skema tampak sebuah kriteria pokok yang perlu diperhatikan kemungkinan dijelaskan lebih lanjut masing-masing maknanya, diantaranya:

a. Berdasarkan fakta

Membangun ilmu pengetahuan memerlukan fakta-fakta nyata, baik yang sudah tersedia maupun yang harus dikumpulkan melalui penelitian. Ini berarti berupa data empiris yang terjangkau oleh pengalaman indrawi. Jadi, bukan berupa hal-hal yang nyata ada dalam pikiran, dalam bayangan atau menurut cerita orang. Berarti pula bahwa data empiris yang dikumpulkan itu dapat diamati, dapat diukur dan dapat dianalisis lebih lanjut.

b. Pertimbangan objektif

Segala sesuatu yang dilakukan, digunakan dan diamati berlangsung secara objektif, sehingga hal yang sama dapat dilakukan dan diulang oleh pihak lain yang berminat dengan metode dan teknik yang sama. Ini berarti bersifat intersubjektif atau impersonal, yaitu tidak terbatas semata-mata kepada orang yang satu saja, melainkan juga oleh orang lain yang mempunyai pengetahuan yang sama. Berarti pula bebas dari perasangka atau pertimbangan yang subjektif.

c. Asas analitik

Segala sesuatu disorot secara kritis analitis dari segi karakteristik, posisi dan kaitan fungsional dengan yang lain, sehingga jelas maknanya, fungsi dan perannya. Hal ini penting untuk mengetahui faktor-faktor yang terlibat dalam suatu masalah, sifat pengaruh masing-masing factor atau gabungan, juga sifat hubungan yang berlangsung antara factor yang satu dengan yang lain dan dengan masalah yang bersangkutan. Asas analitik itu mempunyai

makna yang strategis dalam rangka membangun teori yang mampu menjelaskan suatu masalah. Juga dalam rangka mengantisipasi atau meramalkan apa yang akan terjadi secara positif menguntungkan atau untuk mencegah dampak negatifnya.

d. Sifat kuantitatif

Dalam penelitian modern analisis kuantitatif merupakan metode ilmiah yang mempunyai dukungan pencapaian validitas yang tinggi realibitasnya. Arti populernya ialah mempunyai peluang kebenaran ilmiah yang tinggi. Oleh karena itu, diupayakan untuk memperoleh data empiris yang langsung bersifat kuantitatif seperti satuan ukuran luas (Ha, Km<sup>2</sup>, M<sup>2</sup>), satuan ukuran panjang (Km, M), satuan ukuran isi (M<sup>3</sup>, liter, cc), satuan ukuran waktu (tahun, bulan, minggu, hari, jam), dan sebagainya. Disamping itu, terdapat sifat kuantitatif yang dikuantifikasikan dengan member bobot (*rating*), peringkat (*ranking*) atau skor (*scoring*).

e. Logika deduktif-hipotetik

Dalam hal ini, menggunakan penalaran deduktif, yang bertitik tolak dari evedensi-evidensi yang sudah memiliki kebenaran yang pasti hasil seperti hasil penelitian para pakar terdahulu. Dalam silogisme evidensi tersebut dinamakan premis, makin banyak makin baik untuk mengambil kesimpulan khusus dari premis yang bersifat umum. Proses demikian disebut logika deduktif dan kesimpulan khusus tersebut dinamakan hipotesis yang kebenarannya sudah diarahkan oleh kebenaran

permis-permisnya ,sehingga tidak menghasilkan sesuatu yang baru sifatnya .dapat pula dikatakan bahwa hipotesis adalah suatu abstraksi atau hasil pemikiran rasional yang bersumber dari permis-permis .adapun kebenarannya it bersifat sementara ,yaitu secara koheren logis ,artinya terdapat konsistensi antara hipotesis dengan permis-permis. Pengembangan hipotesis mempunyai arti strategi yang diuji lebih lanjut melalui penelitian.

f. Logika induktif-generatif

Hipotesis yang disingung di atas karena hasil pemikiran rasional, maka kebenarannya masih bersifat sementara. Oleh karena itu, harus didukung oleh kesesuaian data empiris dengan pemikiran rasional hipotesis disebut asas korespondensi. Sedang kesimpulan yang bersifat generalisasi dari data empiris disebut logika induktif yang peluang kebenarannya bersifat probabilistik. Bandingkan dengan logika deduktif yang menghasilkan kesimpulan yang dipandang mempunyai kepastian kebenaran [secara rasional]. logika induktif ini sangat penting artinya dalam rangka menguji hipotesis. Bila didukung oleh data empiris berarti mendapat verifikasi atau dapat diterima kebenarannya ilmiahnya .bila tidak didukung berarti diklasifikasi atau ditolak kebenarannya.

### **3. Langkah-langkah Metode Ilmiah**

Dari skema terdapat lima langkah pokok dengan urutan logis yang searah, namun tidak perlu langkah demi langkah terikat seketat itu, melainkan dapat saja terjadi lompatan atau jalan potong kompas, yang penting terpelihara



konsistensi antara langka yang satu dengan berikutnya yang lazim disebut *benang merah* .adapun langka-langka pokok tersebut tidak lain dari pada unsur-unsur peristiwa dalam struktur penelitian ilmiah atau mempunyai analogi dengan *events* di dalam suatu *network planning*.

1. Penempatan Masalah
2. Menyusun Kerangka Pemikiran dan Premis-premis
3. Perumusan Hipotesis
4. Pengujian Hipotesis
5. Penarikan Kesimpulan
6. Siklus Empiris Metode Ilmiah
7. Usulan Penutup Mengenai Metode Ilmiah

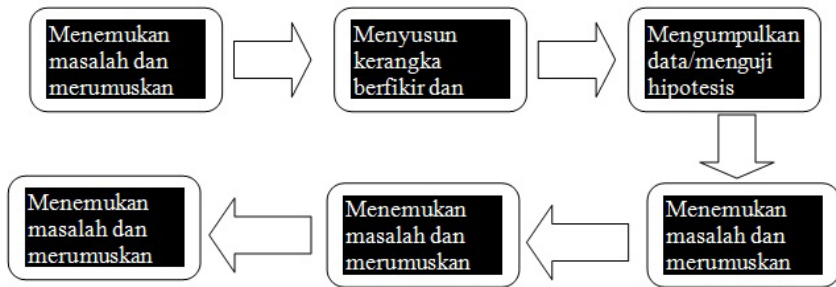
Sementara itu, suatu kegiatan ada yang bersifat ilmiah dan ada yang nonilmiah.Kegiatan ilmiah memiliki karakteristik tersendiri, baik dari sisi kaidah, konsep, maupun langkah-langkah dalam kegiatan.Sebuah kegiatan dapat dikategorikan ilmiah jika telah memenuhi unsure-unsur ilmiah, yaitu objek, metodis, sistematis da bersifat universal.Sesuatu yang ilmiah pasti dapat dipahami, dimengerti, dan diketahui melalui penyelidikan dengan menggunakan metode dan langkah ilmiah. Kebenaran yang berbasis fisik akan menjadi pembuktian utama untuk mengukur sesuatu yang ilmiah.

Ketika dua kata “metode ilmiah” ini disandingkan, maka akan memiliki makna kolaboratif yang mendeskripsikan sebuah kegiatan ilmiah itu sendiri. Metode ilmiah adalah prosedur, tata cara, dan langkah

sistematis yang diambil guna memperoleh pengetahuan yang didasarkan atas persepsi inderawi dan melibatkan uji coba hipotesis serta teori secara terkendali (Komara, 2011;89). Metode ilmiah dikatakan hanya sebagian langkah-langkah sistematis dalam memperoleh ilmu. Dalam pengertian ini kerja ilmiah disebut juga siklus empiris, yang berpangkal pada pengamatan dan pengalaman yang telah diuji kebenarannya.

Dalam istilah John Dewey, metode ilmiah disebut sebagai *reflective thinking*. Metode ilmiah adalah proses berpikir reflektif dalam identifikasi masalah, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan dan analisis data, menguji dan menarik simpulan (Syaodih, 2010:6). Keempat tahapan ilmiah ini yang menjadi dasar dan kerangka kerja dalam penelitian.

Langkah-langkah nyata dari metode ilmiah kemudian disebut langkah ilmiah, yaitu tindakan nyata dalam sebuah kegiatan ilmiah yang disesuaikan dengan alur berfikir ilmiah. Secara lebih jelas, langkah-langkah ilmiah dipaparkan dalam gambar yang menjelaskan alur langkah-langkah ilmiah di bawah ini:



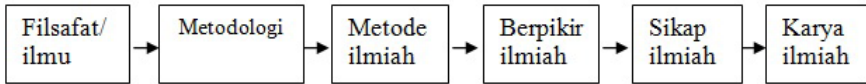
Bagan 1. Langkah-langkah ilmiah

Untuk mengetahui secara lebih detail pembahasan tentang metodologi, metode, dan metode ilmiah, dapat dipaparkan dalam alur pemikiran sebagaimana dalam table di bawah ini:

Tabel 1. Perbedaan Metodologi, Metode, dan Metode Ilmiah

<b>Metodologi</b>	<b>Metode</b>	<b>Metode Ilmiah</b>
Ilmu tentang metode, yang bersifat abstrak dan keilmuan	Prosedur atau langkah yang bersifat operasional	Prosedur atau langkah sistematis yang dilandaskan pada kaidah dan langkah ilmiah
Metodologi dapat dikembangkan sesuai keilmuan yang diteliti	Diterapkan sesuai focus dan masalah yang diteliti	Diterapkan sesuai langkah-langkah ilmiah dan pendekatan ilmiah
Ilmu untuk mencari kebenaran melalui kegiatan penelitian	Alat bantu untuk mencapai tujuan dalam penelitian	Langkah tertentu yang digunakan menyelesaikan masalah penelitian

Secara lebih detail, alur konsep metode ilmiah dapat dipahami melalui gambar dibawah ini:



Bagan 2. Alur konsep metode ilmiah

Karya ilmiah merupakan hasil terbaik dari setiap kegiatan ilmiah, yang didalamnya meliputi metodologi, metode, pendekatan, sikap, serta cara berpikir ilmiah. Oleh karena itu, karya ilmiah memiliki nilai lebih dibandingkan karya nonilmiah, terutama jika diukur menggunakan ukuran akademik.

## 2.2 Apakah yang dimaksud dengan metode ilmiah

Metode ilmiah boleh dikatakan suatu pengejaran terhadap kebenaran yang diatur oleh pertimbangan – pertimbangan logis. Karena ideal dari ilmu adalah untuk memperoleh interelasi yang sistematis dari fakta – fakta, maka metode ilmiah berkehendak untuk mencari jawaban tentang fakta – fakta dengan menggunakan pendekatan kesangsian sistematis. Kaarena itu, penelitian dan metode ilmiah mempunyai hubungan yang dekat sekali, jika tidak dikatakan sama. Dengan adanya metode ilmiah, pertanyaan – pertanyaan dalam mencari dalil umum akan mudah terjawab, seperti menjawab seberapa jauh, mengapa begitu, apakah benar, dan sebagainya.

Menurut Almack (1939), metode ilmiah adalah cara menerapkan prinsip – prinsip logis terhadap penemuan, pengesahan, dan penjelasan kebenaran. Sedangkan Ostle

(1975) berpendapat bahwa metode ilmiah adalah pengejaran terhadap sesuatu untuk memperoleh sesuatu interelasi.

Metode ilmiah dalam meneliti mempunyai kriteria serta langkah – langkah tertentu dalam bekerja, seperti tertera pada skema dibawah ini.



Bagan 3. Metode ilmiah

### 2.3 Kriteria metode ilmiah

Upaya suatu metode yang digunakan dalam penelitian disebut metode ilmiah, maka metode tersebut harus mempunyai kriteria sebagai berikut.

- Berdasarkan fakta
 

Keterangan – keterangan yang ingin diperoleh dalam penelitian, baik yang akan dikumpulkan dan yang dianalisis haruslah berdasarkan fakta – fakta yang nyata. Janganlah penemuan atau pembuktian didasarkan pada daya khayal, kira – kira, legenda – legenda, atau kegiatan sejenis.
- Bebas dari prasangka
 

Metode ilmiah harus mempunyai sifat bebas prasangka, bersih, dan jauh dari pertimbangan subjektif. Menggunakan suatu fakta haruslah dengan alasan dan bukti yang lengkap dan dengan pembuktian yang objektif.
- Menggunakan prinsip analisis
 

Dalam memahami serta memberi arti terhadap fenomena yang kompleks, harus digunakan prinsip analisis. Semua masalah harus dicari sebab – musabab serta pemecahannya dengan menggunakan analisis yang logis. Fakta yang mendukung tidaklah dibiarkan sebagaimana adanya atau hanya dibuat deskripsinya saja. Akan tetapi, semua kejadian harus dicari sebab – akibat dengan menggunakan analisis yang tajam.
- Menggunakan hipotesis
 

Dalam metode ilmiah, penelitian harus dituntun dalam proses berfikir dengan menggunakan analisis. Hipotesis harus ada untuk mengonggokkan persoalan serta memandu jalan pikiran ke arah tujuan yang dicapai sehingga hasil yang ingin diperoleh akan mengenai

sasaran dengan tepat. Hipotesis merupakan pegangan yang khas dalam menuntun jalan pikiran peneliti.

○ Menggunakan ukuran objektif

Kerja penelitian dan analisis harus dinyatakan dengan ukuran yang objektif. Ukuran tidak boleh dengan merasa – rasa atau menuruti hati nurani. Pertimbangan – pertimbangan harus dibuat secara objektif dan dengan menggunakan pikiran yang waras.

○ Menggunakan teknik kuantifikasi

Dalam meperlakukan data ukuran kuantitatif yang lazim harus digunakan, kecuali untuk atribut – atribut yang tidak dapat dikuantifikasikan. Ukuran – ukuran seperti ton, mm perdetik, ohm, dan sebagainya harus selalu digunakan. Jauhi ukuran – ukuran seperti: sejauh mata memandang, sehitam aspal, dan sebagainya. Kuantifikasi yang termudah adalah dengan menggunakan ukuran nominal, ranking, dan rating.

#### 2.4 Langkah (step) dalam metode ilmiah

Pelaksanaan penelitian dengan menggunakan metode ilmiah harus mengikuti langkah – langkah tertentu. Marilah lebih dahulu ditinjau langkah – langkah yang diambil oleh beberapa ahli dalam mereka melaksanakan penelitian.

Schluter(1926) memberikan 15 langkah dalam melakukan penelitian dengan metode ilmiah. Langkah – langkah tersebut adalah sebagai berikut:

- Pemilihan bidang, topik atau judul penelitian
- Mengadakan survei lapangan untuk merumuskan

masalah – masalah yang ingin dipecahkan

- Membangun sebuah bibliografi
- Memformulasikan dan mendefinisikan masalah
- Membeda – bedakan dan membuat out-line dari unsur permasalahan
- Mengklasifikasikan unsur – unsur dalam masalah menurut hubungannya dengan data atau bukti, baik langsung ataupun tidak langsung
- Menentukan data atau bukti mana yang dikendaki sesuai kdengan pokok – pokok dasar dalam masalah
- Menentukan apakah data atau bukti yang diperlukan tersedia atau tidaak
- Menguji untuk diketahui diketahui apakah masalah dapat dipecahkan atau tidak
- Mengumpulkan data dan keterangan yang diperlukan
- Mengatur data secara sistematis untuk dianalisis
- Menganalisis data dan bukti yang diperoleh untuk membuat interpretasi
- Mengatur data untuk presentase dan penampilan
- Menggunakan citasi, referensi, dan footnote
- Menulis laporan penelitian

Downin (1928) memberikan proses penelitian yang mempunyai 7 buah unsur pemikiran ilmiah yang harus dipatuhi, serta 15 buah sifat ataupun tindakan serta kualifikasi yang harus ada agar penelitian tersebut dapat dilaksanakan secara ilmiah. Unsur, sifat dan kualifikasi tersebut sebagai berikut.



Tabel 2. Unsur, sifat dan kualifikasi

Unsur pemikiran ilmiah	Sifat atau kualifikasi
<p>1.Observasi (pengamatan) dengan suatu tujuan tertentu.</p> <p>2.Analisis sintesis.</p> <p>3.Mengingat dan memunculkan kembali secara selektif.</p> <p>4.Hipotesis.</p> <p>5.Verifikasi dengan inferensi dan percobaan.</p> <p>6.Pemberian alasan dengan:</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Metode penyesuaian;</p> <p style="padding-left: 20px;">b. Metode perbedaan;</p> <p style="padding-left: 20px;">c. Metode pertinggal;</p> <p style="padding-left: 20px;">d. Metode variasi yang berhubungan; dan</p> <p style="padding-left: 20px;">e. Metode persamaan dan perbedaan.</p> <p>7.Keputusan</p>	<p>1. Harus tetap dan ekstensif.</p> <p>2. Harus dikerjakan dalam berjenis kondisi.</p> <p>3. Harus berisi unsur – unsur esensial dalam situasi problematik.</p> <p>4. Harus diperhitungkan kesamaan atau keragaman dengan mengingat bahaya analogi.</p> <p>5. Harus diberi perhatian pada pengecualian – pengecualian interpretasi harus dilakukan secara selektif.</p> <p>6. Memerlukan pengalaman yang luas.</p> <p>7. Harus dimasukkan semua hipotesis yang mungkin.</p> <p>8. Inferensi harus diuji dengan percobaan.</p> <p>9. Hanya satu variabel yang dibenarkan.</p> <p>10. Data harus diatus secara sistematis.</p> <p>11. Keputusan yang diambil harus berdasarkan kebenaran – kebenaran data.</p> <p>12. Pertimbangan harus melalui ketepatan data.</p> <p>13. Harus tidak mempunyai prasangka.</p> <p>14. Harus tidak pribadi.</p> <p>15. Harus ditunda, jika data tidak mencukupi.</p>

Dalam melaksanakan penelitian secara ilmiah. Abelson(1933) memberikan langkah – langkah berikut:

- Tentukan judul. Judul dinyatakan secara singkat.
- Pemilihan masalah. Dalam pemilihan ini harus:
  - a. Nyatakan apa yang disarakan oleh judul,
  - b. Berikan alasan terhadap pemilihan tersebut. Nyatakan masalah menurut kepentingan umum, dan
  - c. Sebutkan ruang lingkup penelitian. Secara singkat jelaskan materi, situasi, dan hal – hal lain yang menyangkut bidang yang akan diteliti.
  - d. Pemecahan masalah. Dalam memecahkan masalah harus diikuti hal – hal berikut:
  - e. Analisis harus logis. Aturlah bukti dalam bentuk yang sistematis dan logis. Demikian juga halnya unsur – unsur yang dapat memecahkan masalah.
  - f. Prosedur penelitian yang digunakan harus dinyatakan secara singkat.
  - g. Urutkan data, fakta, dan keterangan – keterangan khas yang diperlukan.
  - h. Harus dinyatakan bagaimana set dari data diperoleh, termasuk referensi yang digunakan.
  - i. Tunjukkan cara data dikelola sampai mempunyai arti dalam memecahkan masalah.
  - j. Urutkan asumsi – asumsi yang digunakan serta hubungannya dalam berbagai fase penelitian.
- Kesimpulan
  - a. Berikan kesimpulan dari hipotesis. Nyatakan dua atau tiga kesimpulan yang mungkin diperoleh.

b. Berikan implikasi dari kesimpulan. Jelaskan beberapa implikasi dari produk hipotesis dengan memberikan beberapa inferensi.

- Berikan studi – studi sebelumnya yang pernah dikerjakan yang berhubungan dengan masalah. Nyatakan kerja – kerja sebelumnya secara singkat dan berikan referensi bibliografi yang mungkin ada manfaatnya sebagai model dalam memecahkan masalah.

Dari pedoman beberapa ahli diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian dengan menggunakan metode ilmiah sekurangnya – kurangnya dilakukan dengan langkah – langkah berikut.

❖ Merumuskan serta mendefinisikan masalah

Langkah pertama ddalam meneliti adalah menetapkan masalah yang akan dipecahkan. Untuk menghilangkan keragu – raguan, masalah tersebut didefinisikan secara jelas. Sampai ke mana luas masalah yang akan dipecahkan. Sebutkan beberapa kata kunci (*key word*) yang terdapat dalam masalah. Misalnya, masalah yang dipilih adalah: bagaimana pengaruh mekanisasi terhadap pendapatan usaha tani di Aceh? Berikan definisi tentang usaha tani, tentang mekanisasi, pada musim apa, dan sebagainya.

❖ Mengadakan studi kepustakaan

Setelah masalah dirumuskan, step kedua yang dilakukan dalam mencari data yang tersedia yang pernah ditulis peneliti sebelumnya yang ada hubungannya dengan masalah yaang ingin dipecahkan. Kerja mencari

bahan di perpustakaan merupakan hal yang tak dapat dihindarkan oleh seorang peneliti. Ada kalanya, perumusan masalah dan studi kepustakaan dapat dikerjakan secara bersamaan.

❖ Memformulasikan hipotesis

Setelah diperoleh informasi mengenai hasil penelitian ahli lain yang ada sangkut – pautnya dengan masalah yang ingin dipecahkan, maka tibaa saatnya peneliti memformulasikan hipotesis – hipotesis untuk penelitian. Hipotesis tidak lain dari kesimpulan sementara tentang hubungan sangkut – paut antar vaariaabel atau fenomena. Dalam penelitian.Hipotesis merupakan kesimpulan tentatif yang diterima secara sementara sebelum diuji.

❖ Menentukan model untuk menguji hipotesis

Setelah hipotesis – hipotesis diterapkan, kerja selanjutnya adalah merumuskan cara – cara untuk menguji hipotesis tersebut. Pada ilmu – ilmu sosial yang telah lebih berkembang, seperti ilmu ekonomi misalnya, pengujian hipotesis didasarkan pada kerangka analisis yang telah ditetapkan. Model matematis dapat juga dibuat untuk mengrefleksikan hubungan antarfenomena yang secara implicit terdapat dalam hipotesis, untuk diuji dengan teknik statistik yang tersedia.

Pengujian hipotesis menhendaki data yang dikumpulkan untuk keperluan keperluan tersebut. Data tersebut bisa saja data primer atau data sekunder yang akan dikumpulkan oleh peneliti.

❖ Mengumpulkan data

Peneliti memerlukan data untuk menguji hipotesis. Data tersebut yang merupakan fakta yang digunakan untuk menguji hipotesis perlu dikumpulkan. Bergantung pada masalah yang dipilih serta metode penelitian yang akan digunakan, teknik pengumpulan data akan berbeda – beda. Jika penelitian menggunakan metode percobaan misalnya, data diperoleh dari plot – plot percobaan yang dibuat sendiri oleh peneliti. Pada metode sejarah ataupun survei normatif, data diperoleh dengan mengajukan pertanyaan – pertanyaan kepada responden, baik secara langsung ataupun dengan menggunakan questionair. Ada kalanya data adalah hasil pengamatan langsung terhadap perilaku manusia dimana peneliti secara partisipatif berada dalam kelompok orang – orang yang diselidikinya.

❖ Menyusun, menganalisis, dan memberikan interpretasi

Setelah data terkumpul, peneliti menyusun data untuk mengadakan analisis. Sebelum analisis dilakukan, data tersebut disusun lebih dahulu untuk mempermudah analisis. Penyusunan data dapat dalam bentuk tabel ataupun membuat coding untuk menganalisis dengan komputer. Sesudah data dianalisis, maka perlu diberikan tafsiran atau interpretasi terhadap data tersebut.

❖ Membuat generalisasi dan kesimpulan

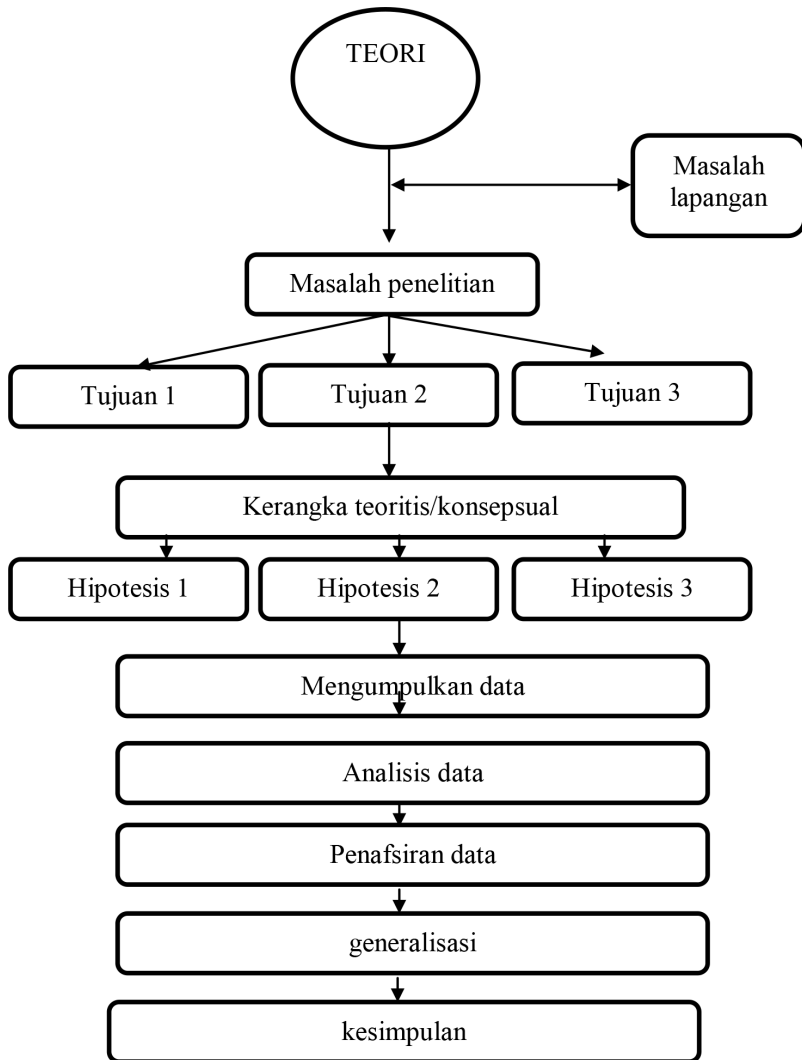
Setelah tafsiran diberikan, maka peneliti membuat generalisasi dari penemuan – penemuan dan selanjutnya memberikan beberapa kesimpulan. Kesimpulan dan

generalisasi ini harus berkaitan dengan hipotesis. Apakah hipotesis benar untuk diterima, ataukah hipotesis tersebut ditolak? Apakah hubungan – hubungan antarfenomena yang diperoleh akan berlaku secara umum ataukah hanya berlaku pada kondisi khususnya saja? Saran – saran apa yang dapat ditarik dari hasil penelitian dan bagaimana implikasinya untuk kebijakan?

❖ Membuat laporan ilmiah

Langkah akhir dari suatu penelitian ilmiah adalah membuat laporan ilmiah tentang hasil – hasil yang yang diperoleh dari penelitian tersebut. Penulisan secara ilmiah mempunyai teknik tersendiri pula. Berdasarkan atas langkah serta kriteria dari metode ilmiah, maka peneliti menyusun suatu outline dari penelitiannya, yang mana outline ini juga merupakan panduan dalam mengerjakan penelitian. Outline dari penelitian berjenis – jenis bentuknya.

Sebagai kesimpulan, marilah kita lihat skema dibawah ini yang memperagakan langkah – langkah yang dikerjakan dalam melakukan penelitian. Skema tersebut merupakan skema umum dalam penelitian sosial dalam ilmu – ilmu sosial yang sudah berkembang. Dalam penelitian tersebut, kerja penelitian menjurus kepada verifikasi dari suatu teori besar yang bersifat umum atau apa yang dinamakan *grand theory*.



Bagan 4. Metode ilmiah (*Grand Theory*)

Sudah terang langkah – langkah tersebut tidak berlaku dalam melaksanakan penelitian yang sifatnya eksplorasi. Demikian juga bagi penelitian yang tidak menggunakan suatu teori sebagai dasar dalam membuat kerangka analisis dari

penelitian, seperti dari apa yang dinamakan *grounded research*.

### 1. Orientasi metode ilmiah

Orientasi metode ilmiah adalah orientasi ilmuwan yang ditandai dengan adanya sikap kritis terhadap berbagai temuan dan pertanyaan; suatu pencarian yang dilakukan secara dinamis untuk menemukan kesalahan. Menurut Liche Sniati dkk (2009), orientasi ilmiah ini ditandai oleh tiga hal berikut.

- a. Toleransi terhadap ambiguitas. Toleransi ini menunjukkan adanya kemauan sungguh – sungguh untuk bekerja tanpa jaminan memperoleh jawaban yang memuaskan dari kinerja penelitian. Hal ini sejalan dengan sifat dasar manusia yang tidak pernah merasa puas dengan hasil apa pun yang dicapai.
- b. Kesiediaan dan kemauan untuk mempertanyakan sesuatu yang tampaknya tidak perlu dipertanyakan lagi. Dengan kata lain, metode ilmiah tidak menerima penjelasan dan hasil penelitian yang ada, dengan mudah, tetapi berusaha mengkaji ulang penjelasan dan hasil penelitian tersebut.
- c. Keinginan untuk melakukan pengujian terhadap berbagai kemungkinan jawaban yang saling bertentangan satu sama lain. Hal ini berarti metode ilmiah terbuka untuk menerima pendapat yang berbeda dan setiap pendapat terbuka untuk diuji melalui penelitian ulang.

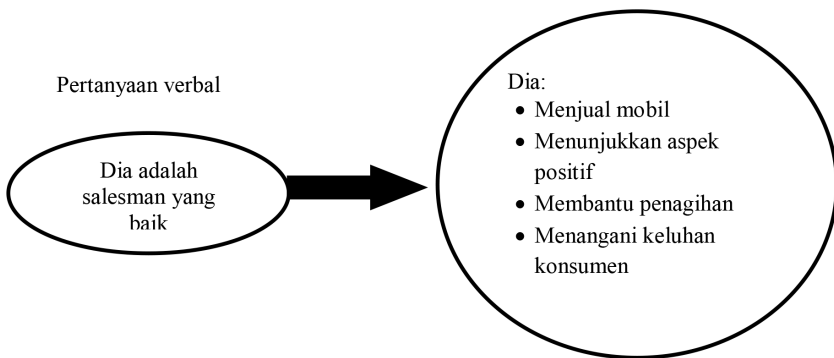


## 2. Karakteristik metode ilmiah

### a. Definisi operasional

Salah satu karakteristik penting dari metode ilmiah adalah adanya definisi operasional yang jelas dari sebuah variabel penelitian. Operasionalisasi variabel mengandung arti bahwa variabel yang diteliti harus didefinisikan secara jelas dan konkret. Dalam sebuah penelitian ilmiah, definisi operasional harus selalu dijabarkan dengan jelas sebagai tolok ukur dalam penyusunan instrumen penelitian. Contoh definisi operasional dari guru profesional adalah guru memiliki penguasaan materi, metodologi, dan integritas moral. Contoh lainnya, definisi operasional dari salesman mobil yang baik adalah mampu menjual banyak mobil, menunjukkan aspek positif mobil, mampu membantu penagihan, dan menangani keluhan konsumen.

Definisi operasional (referensi empirik)



Bagan 5. Contoh definisi operasional

b. Kontrol

Perilaku atau tingkah laku seseorang dipengaruhi oleh banyak faktor. Oleh karena itu, seorang peneliti harus mampu mengidentifikasi faktor – faktor penyebab suatu tingkah laku sehingga dapat melakukan kontrol terhadap faktor lainnya. Kontrol terhadap variabel – variabel penelitian ini perlu dilakukan pada jenis penelitian apapun, baik penelitian eksperimental maupun noneksperimental. Khusus untuk penelitian eksperimental, tanpa kontrol yang ketat, efek yang terjadi pada variabel terikat kemungkinan dapat terjadi karena pengaruh variabel sekunder dan bukan pengaruh variabel bebas yang ingin diteliti.

c. Dapat diulang

Karakteristik ketiga dari metode ilmiah bahwa setiap penelitian yang dilakukan seorang peneliti harus direplikasi oleh peneliti lain. Dengan kata lain, hasil yang diperoleh dari penelitian eksperimental harus reliabel (dapat diperoleh hasil yang kurang lebih sama jika penelitian tersebut diulang). Sesuai dengan tujuan ilmu pengetahuan, yaitu memperoleh pengetahuan yang sistematis mengenai dunia berdasarkan metode ilmiah. Oleh karena itu, observasi, deskripsi, dan penjelasan yang tidak reliabel tidak akan berguna bagi ilmu pengetahuan.

### 3. Asumsi metode ilmiah

Selain memiliki karakteristi, metode ilmiah juga mempunyai asumsi dasar. Ada empat asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam metode ilmiah, yaitu sebagai berikut.

#### a. Empirisme

Empirisme memandang bahwa metode penelitian dikatakan ilmiah jika memberikan data atau fakta hasil observasi yang terukur. Artinya, suatu pernyataan harus bisa dibuktikan secara empiris. Kebenaran empiris adalah kebenaran ilmiah.

#### b. Determinasi

Asumsi ini menyatakan bahwa semua gejala atau peristiwa yang terjadi di dunia ini mengikuti aturan atau hukum tertentu yang sengaja diciptakan Tuhan (sunnatullah). Gejala tingkah laku manusia dipelajari juga merupakan gejala yang mengikuti aturan tertentu sehingga dapat dicari pula faktor penyebab munculnya gejala tingkah laku tersebut.

#### c. Kesederhanaan

Kesederhanaan adalah ketika menyusun hipotesis mengenai hubungan antarvariabel, kita harus memilih hipotesis yang paling sederhana atau pernyataan yang paling konkret dan paling dapat menjelaskan gejala.

#### d. Keterujian

Asumsi ini menyatakan bahwa harus ada pengujian yang dapat dilakukan untuk menganalisis hipotesis itu benar atau salah. Hal ini dimasukkan untuk menjaga nilai objektivitas dari suatu penelitian

### C. SIMPULAN

Belajar dan bekerja dalam bidang biologi atau IPA pada umumnya, akan berhubungan dengan tahapan-tahapan proses yang disebut Metode Ilmiah. Melalui metode ilmiah inilah berbagai penemuan ilmu pengetahuan terjadi. Bekerja secara ilmiah meliputi tahap observasi, mengemukakan hipotesis berdasarkan data hasil observasi, melakukan eksperimen untuk menguji hipotesis, menganalisis hasil eksperimen dan menyimpulkan berdasarkan hasil eksperimen. Untuk dapat memiliki ketrampilan proses dalam melakukan metode ilmiah, kalian juga perlu memahami ciri-ciri IPA.



# **BESARAN DAN SATUAN**

## **A. PENDAHULUAN**

Sering kita dengar kata besaran dan satuan dalam kehidupan sehari-hari. Sifat-sifat dari suatu benda atau kejadian yang kita ukur, misalnya panjang, massa benda, lamanya waktu perjalanan mobil dari Lamongan ke Surabaya disebut besaran, Apa saja besaran yang dapat diukur dari sebuah buku ? Pada sebuah buku, kita dapat mengukur panjang, lebar, massa, dan tebal buku. Bagaimana kita menyatakan hasil pengukuran panjang buku?

Misalnya panjang buku sama dengan 25 sentimeter. Sentimeter disebut dari besaran panjang. Massa buku sama dengan 1 kg, kilogram disebut satuan dari besaran massa. Jadi, satuan selalu mengikuti besaran tidak pernah mendahuluinya.

Besaran-besaran dalam fisika seperti massa, panjang, dan waktu dinyatakan dengan angka yang biasanya diikuti dengan suatu satuan. Sebagai contoh, massa suatu benda sama dengan 4 kilogram (kg), panjang meja 1.75 meter, selang waktu 30 menit, dan volume minyak 3 liter dan masih banyak lainnya. Besaran-besaran seperti itu (tidak mempunyai arah) dinamakan besaran scalar. Besaran jenis lain, yaitu besaran vector, adalah besaran yang mempunyai baik besar (angka) maupun arah. Misalnya,

ketika kita menyatakan sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 100 km/jam, maka pasti kita akan bertanya kemana arah mobil tersebut bergerak. Apakah bergerak 100 km/jam kearah timur, atau 100 km/jam kearah utara atau kearah lainnya. Jadi, besaran vector selalu dinyatakan dengan besar (angka) dan arah.

Contoh besaran skalar adalah massa {kita tidak perlu mempertanyakan arah 4 kilogram (kg)}, waktu, massa jenis, kelajuan, dan luas; sementara contoh besaran vector adalah pergeseran (perpindahan), kecepatan, percepatan, gaya, dan berat. Yang membedakan besaran vector dari besaran skalar adalah bahwa untuk besaran vector, operasi-operasi aljabar tidak berlaku seperti halnya pada besaran skalar. Vector tidak dipisahkan dari besaran, maka dari itu sebelum kami menjelaskan tentang vector, kami akan menjelaskan tentang besaran terlebih dahulu.

## **B. URAIAN MATERI**

### **1. Besaran Pokok dan Besaran Turunan**

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur atau dihitung, dinyatakan dengan angka dan mempunyai satuan. Dari pengertian ini dapat diartikan bahwa sesuatu itu dapat dikatakan sebagai besaran harus mempunyai tiga syarat :

1. Dapat diukur dan dihitung
2. Dapat dinyatakan dengan angka-angka atau mempunyai nilai
3. Mempunyai satuan

Bila ada satu syarat saja yang tidak dipenuhi maka sesuatu tidak dapat dinyatakan sebagai besaran.

Dalam kajian fisika, besaran memainkan peranan yang sangat penting. Besaran dalam fisika diartikan sebagai sesuatu yang dapat diukur berat, massa, panjang waktu, luas, dan volume merupakan sesuatu yang dapat diukur, jadi semuanya dapat dikategorikan sebagai besaran fisika. Nilai dari suatu besaran diperoleh dari kegiatan pengukuran. Pengukuran dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Besaran-besaran yang nilainya hanya dapat diperoleh dari pengukuran baik secara langsung maupun tidak langsung. Besaran-besaran yang nilainya dapat diperoleh dari pengukuran baik secara langsung maupun tidak langsung disebut besaran turunan.

Satuan merupakan pembanding dalam suatu pengukuran besaran. Setiap besaran memiliki satuannya masing-masing. Jika ada dua besaran berbeda kemudian mempunyai satuan sama

### **A. Besaran Pokok dan Satuan Sistem Internasional**

Besaran pokok adalah besaran yang telah didefinisikan terlebih dahulu dan tidak bergantung pada besaran lainnya. Untuk menyatakan nilai suatu besaran diperlukan satuan. Karena sifat besaran pokok yang nilainya hanya dapat diperoleh dari pengukuran secara langsung, satuan besaran pokok harus ditetapkan terlebih dahulu.

Misalnya :

- a. Untuk menyatakan nilai besaran panjang dapat digunakan satuan panjang seperti meter, yard, depa, jengkal, kaki, dan



inci.

- b. Untuk menyatakan nilai besaran waktu dapat digunakan satuan waktu seperti detik, menit, hari, windu, dan tahun.
- c. Untuk menyatakan nilai besaran suhu seperti Kelvin, derajat Celcius, Fahrenheit, dan Reaumur.

Sampai saat ini dalam fisika dikenal ada tujuh macam besaran pokok, yaitu panjang, massa, waktu, suhu, kuat arus listrik, intensitas cahaya, dan jumlah zat (molekul). Ketujuh besaran pokok tersebut dapat kamu lihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Besaran pokok

No	Besaran	Satuan	Lambang Satuan
1	panjang	Meter	m
2	massa	Kilogram	kg
3	waktu	Sekon	S
4	suhu	Kelvin	K
5	kuat arus	Ampere	A
6	intensitas cahaya	Kandela	Cd
7	jumlah zat	Mol	Mol

### a) Standar dan Alat Ukur Panjang

Panjang adalah jarak antara dua titik di dalam ruang. Menurut satuan SI, besaran panjang dinyatakan dalam meter. Satu meter sama dengan jarak yang ditempuh oleh cahaya dalam ruang hampa selama  $1/299.792.458$  sekon. Besaran Panjang diukur dengan menggunakan mistar, stikmeter (meter

gulungan), jangka sorong, dan mikrometer skrup.

### **b) Standart dan Alat Ukur Massa**

Massa suatu benda adalah banyak zat yang dikandung benda tersebut. Menurut satuan SI, satuan massa adalah kilogram (kg). Satu kilogram didefinisikan sebagai massa sebuah silinder platina-iridium yang disimpan di Sevres dekat Paris. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran massa adalah neraca. Terdapat beberapa jenis neraca antara lain neraca duduk, neraca elektronik, dan neraca lengan.

Massa standar ditetapkan pada tahun 1887 dan sampai sekarang tidak berubah karena platina iridium adalah logam yang stabil. Silinder logam itu berdiameter 3,9 cm dan tinggi 3,9 cm. Massa kilogram standar sama dengan massa satu liter air pada suhu 4°C.

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menggunakan istilah berat. Misalnya berat badan Budi 55 kg. Menurut fisika ungkapan tersebut tidak tepat, karena 55 kg adalah massa badan Budi. Berat dalam fisika memiliki pengertian yang berbeda dengan berat dalam kehidupan sehari-hari. Menurut fisika, berat adalah gaya yang dialami oleh suatu benda yang mempunyai massa yang diakibatkan karena adanya gaya tarik bumi. Sesuai dengan pengertian ini, maka berat suatu benda di tempat-tempat yang berlainan mungkin berbeda-beda tergantung besarnya gaya gravitasi ditempat tersebut.

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran massa adalah neraca. Terdapat beberapa jenis neraca antara lain neraca duduk, neraca elektronik, dan neraca lengan.

### c) Standart Alat Ukur Waktu

Satuan standar untuk waktu adalah sekon atau detik. Sekon standar pada awalnya ditetapkan sama dengan  $\frac{1}{86.400}$  hari matahari rata-rata. Satu hari rata-rata adalah selang waktu antara saat matahari berada di atas kepala dan saat yang sama pada keesokan harinya, dihitung rata-ratanya selama setahun. Karena, satu hari rata-rata dari tahun ke tahun tidak sama, nilai satu sekon standar menjadi tidak tetap. Oleh karena itu, nilai satu sekon diubah, yaitu sama dengan  $\frac{1}{31.556.925,9747}$  tahun tropik 1900. Pada tahun 1967 definisi satu sekon diubah lagi. Sejak itu, satu sekon ditetapkan sama waktu yang diperlukan oleh atom cesium-133 untuk melakukan getaran sebanyak 9.192.631.770 kali. Patokan ini dianggap lebih teliti dibanding dengan patokan waktu rotasi bumi karena kesalahan waktu hanya satu sekon dalam kurun waktu 5000 tahun.

Sekarang telah ditemukan alat yang mempunyai ketelitian yang lebih tinggi, yaitu maser hidrogen. Kemungkinan kesalahan alat ini adalah satu sekon dalam kurun waktu 33 juta tahun.

### d) Standart dan Alat Ukur Suhu

Suhu merupakan derajat panas dinginnya suatu benda. Satuan standar untuk suhu adalah Kelvin. Satu kelvin adalah  $\frac{1}{273,16}$  temperatur termodinamik pada titik tripel air. Satuan lain yang sering digunakan di Indonesia adalah derajat Celcius, sedangkan di Amerika dan Inggris pada umumnya menggunakan Fahrenheit. Alat untuk mengukur suhu adalah termometer.

**e) Satuan Standar Arus Listrik**

Satu ampere adalah besaran arus konstan yang mengalir jika dua kawat paralel berjarak 1 m yang dibentangkan dalam ruang hampa dapat menghasilkan gaya  $2 \times 10^{-7}$  newton per meter.

**f) Satuan Standar Intensitas Cahaya**

Satuan intensitas cahaya adalah kandela. Satu kandela adalah besarnya intensitas yang dipancarkan oleh radiasi gelombang monokromatis pada frekuensi  $640 \times 10^{12}$  hertz dan mempunyai intensitas pancaran sebesar  $\frac{1}{683}$  watt per steradian.

**g) Satuan Standar Jumlah Zat**

Satuan jumlah zat dalam SI adalah mol. Satu mol adalah banyaknya zat sebesar 0,012 kilogram karbon 12.

**B. Besaran Turunan**

Besaran turunan adalah besaran yang dapat diturunkan dari dua atau lebih besaran pokok. Oleh karena itu, satuan besaran turunan merupakan turunan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengukuran langsung dan tidak langsung (dihitung menggunakan rumus). Untuk besaran-besaran turunan yang terbentuknya tidak teratur, seperti volume zat cair dan volume benda padat, nilainya diperoleh dari pengukuran langsung. Sedangkan untuk besaran-besaran turunan yang bentuknya teratur seperti luas persegi dan volum balok, nilainya dapat diperoleh melalui hitungan menggunakan rumus (pengukuran tidak langsung). Contoh besaran turunan yang sekarang dikenal dapat kamu lihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Besaran turunan

No	Besaran	Satuan
1	Luas	meter persegi ( $m^2$ )
2	Volume	meter kubik ( $m^3$ )
3	Kecepatan	meter per sekon (m/s)
4	Gaya	Newton (N)
5	massa jenis	kilogram per meter kubik ( $kg/m^3$ )
6	Daya	Watt (W)
7	Usaha	Joule (J)

### Alat ukur besaran turunan

Pada pembahasan alat ukur sebelumnya, seluruhnya termasuk alat ukur besaran pokok. Bagaimanakah mengukur besaran turunan? Saat ini banyak besaran turunan yang dapat diukur secara langsung, artinya sudah ada alat ukurnya. Misalnya, tekanan udara diukur dengan barometer, gaya diukur dengan dinamometer dan volume air diukur dengan gelas ukur. Sementara itu untuk mengukur luas atau volume suatu benda yang bentuknya beraturan kita dapat menggunakan rumus matematika.

### I. Dimensi

Dimensi suatu besaran merupakan hubungan antara besaran itu dengan besaran-besaran pokok. Dimensi suatu besaran menunjukkan bagaimana besaran tersebut tersusun atas besaran-besaran pokok. Dalam fisika, ada tujuh besaran pokok yang berdimensi . Adapun besaran turunan semuanya berdimensi. Dimensi besaran turunan dapat dicari dari dimensi

besaran pokok penyusunnya. Dalam tabel tersebut dituliskan dimensi besaran pokok dan besaran tambahan.

Tabel 5. Besaran pokok dan tambahan

Besaran Pokok	Satuan	Notasi Satuan	Dimensi
<b>Panjang</b>	meter	m	[L]=L
<b>Massa</b>	kilogram	kg	[M]=M
<b>Waktu</b>	sekon	s	[T]=T
<b>Suhu</b>	kelvin	K	[ $\theta$ ] = $\theta$
<b>Arus Listrik</b>	ampere	A	[I]=I
<b>Intensitas Cahaya</b>	kandela	cd	[J]=J
<b>Jumlah Zat</b>	mol	mol	[N]=N

Besaran Tambah	Satuan	Notasi Satuan	Dimensi
<b>Sudut Datar</b>	radian	rad	-
<b>Sudut ruang</b>	steradian	sr	-

## II. Pengukuran Besaran Fisika

Pengukuran yang besaran fisika yang dapat dilakukan adalah panjang, massa, dan waktu.

### a. Pengukuran Panjang

Untuk mengukur panjang suatu benda, kita dapat menggunakan mistar, rolmater, jangka sorong, atau mikrometer sekrup.

## 1. Mistar

Untuk mengukur panjang atau lebar buku. Kita dapat menggunakan mistar. Ada dua macam skala pada mistar, yaitu milimeter (mm) untuk mistar kecil dan sentimeter (cm) untuk mistar ukuran 1 meter atau pada rolmeter. Ketelitian pengukuran menggunakan mistar adalah 0,5 mm. Nilai ini diperoleh dari setengah skala terkecil pada mistar, yaitu 1 mm. Untuk mengukur panjang tanah pekarangan atau jalan, digunakan rolmeter yang memiliki skala terkecil sebesar 1 cm. Hal ini berarti ketelitian rolmeter adalah 0,5 cm.

Contoh :

Hasil pengukuran

Pasti benar	18	mm
Taksiran	0,5	mm
Hasil pengukuran	18,5mm	= 1,85cm

## 2. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur benda dengan panjang kurang dari 1mm. Skala terkecil atau tingkat ketelitian pengukurannya sampai dengan 0,01 cm atau 0,1 mm.

Umumnya, jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang suatu benda, diameter bola, tebal uang logam, dan diameter bagian dalam tabung. Untuk mengukur diameter pipa, baik diameter dalam maupun diameter luar, akan tepat jika digunakan jangka sorong. Ada tiga macam jangka sorong yang banyak beredar di pasaran, yaitu jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm dan 0,005 mm. Jangka sorong memiliki dua skala pembacaan, yaitu:

- 1) Skala Utama/tetap, yang terdapat pada rahang tetap jangka

sorong (dalam cm).

- 2) Skala Nonius, yaitu skala yang terdapat pada rahang sorong yang dapat bergeser/digerakan (dalam mm).

Untuk jangka sorong dengan ketelitian sampai 0,1 mm, panjang skala 9 mm dibagi menjadi 10 bagian. Selain jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm, orang yang juga banyak menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm. Pada jangka sorong ini, panjang skala nonius 39 mm dibagi menjadi 20 skala.

### **3. Mikrometer Sekrup**

Untuk mengukur benda dengan ketelitiannya 0,01 mm maka perlu digunakan mikrometer sekrup. Cara menggunakan mikrometer sekrup, Benda yang akan diukur diletakkan di atas rahang geser, kemudian pemutar besar diputar hingga kedua rahang menyentuh benda. Selanjutnya pemutar kecil diputar hingga angka pada skala nonius (pemutar besar) tidak tergeser lagi. Adapun hasil ukur panjang diperoleh dengan cara membaca besar angka pada skala utama ditambah besar angka pada skala pemutar.

Pada ujung pemutar besar terdapat skala dari 0 sampai 50. Jadi satu kali putaran akan bergeser sejauh 0,5 mm. Dengan demikian, besar ketelitian mikrometer sekrup adalah  $0,5 \text{ mm}/50=0,01 \text{ mm}$ .

#### **b. Pengukuran Massa**

Dalam kehidupan sehari-hari, untuk mengukur massa suatu benda digunakan alat timbangan atau neraca. Neraca atau timbangan merupakan alat yang digunakan untuk mengukur



massa suatu benda. Neraca yang lazim adalah neraca yang memiliki dua lengan yang masing-masing lengannya terdapat gantungan yang berisi piringan, satu untuk batu timbangan dan yang lain untuk benda yang akan ditimbang.

Contoh, neraca analitis laboratorium maupun tukang emas, neraca warung untuk menimbang gula, kopi, dan yang agak berbeda adalah dancing. Sebenarnya yang diperbandingkan adalah massa benda dan batu timbangan karena keduanya menderita gaya berat dengan percepatan gaya berat yang sama.

### **c. Pengukuran Waktu**

Dalam pembuatan suatu rencana atau jadwal, pasti anda menggunakan ukuran waktu. Misalnya kegiatan dalam proses belajar mengajar di sekolah. Jam pelajaran pertama adalah Fisika, yaitu pukul 07.00 sampai 09.00, kemudian istirahat selama 15 menit dan dilanjutkan dengan pelajaran ini begitu seterusnya.

Jam dan arloji merupakan alat yang digunakan untuk mengukur waktu. Jenis mekanisme dengan jarum penunjuk waktu. Jenis mekanisme dengan jarum penunjuk waktu dan menit baru dibuat pada abad XVII, tetapi manusia telah menggunakan penunjuk waktu selama ribuan tahun.

#### **1) Jam Pertama**

Tongkat bayangan telah digunakan sekurang-kurangnya sejak tahun 3500 SM. Jam matahari adalah suatu jenis jam bayangan. Anda dapat membaca waktu dengan melihat letak bayangan yang jatuh pada lempeng jam. Tongkat yang memberikan bayangan disebut gnomon.

Jam-jam pasir telah digunakan sejak abad pertengahan. Kaca pasir ini sering dijadikan penanda waktu merebus telur. Kaca pasir yang besar dibuat sebagai penunjuk periode waktu dari setengah jam atau lebih.

Jam air (*clepsydras*) digunakan di negeri Arab kira-kira 1400 SM. Waktu diukur dengan beberapa lama waktu yang dipakai untuk mengalirkan air keluar dari suatu tempat melalui sebuah lubang. Bangsa Latin dan Romawi membuat jam air yang lebih rumit, air menetes dari sebuah reservoir ke dalam sebuah alat seperti silinder. Waktu dibaca dari sebuah pelampung.

Untuk menunjukkan waktu, dipakai lampu (dengan tingkat minyak yang menurun karena terbakar secara terus-menerus) dan lilin. Raja Alfred yang Agung dari Wessex dikatakan telah memakai lilin untuk memberikan waktu pada abad IX.

## **2) Jam Mekanik**

Jam mekanik yang pertama dibuat pada abad XIV. Jam-jam tidak mempunyai jarum ataupun lempengan jam, tetapi berdering setiap jam. Jam yang berdetik mulai diletakkan di tempat-tempat umum di kota-kota besar Eropa. Waktu ditunjukkan dengan rantai berat, yang berporos di tengah, dan yang berayun.

Bandul jam ditemukan pada abad XVII. Bandul-bandul ini lebih tepat karena ayunan bandul menjaga ketetapan waktu. Pada mulanya, bandul-bandul tersebut berbentuk pendek. Jam kotak panjang (jam pojok-kamar) pertama kali dibuat pada tahun 1670.

### 3) Arloji

Arloji saku menjadi mungkin setelah pada kira-kira tahun 1500 ditemukan “pet” besar (suatu gulungan berputar yang rapat) untuk memberi kekuatan . Arloji tangan mulai populer kira-kira pada tahun 1900 ketika arloji tersebut dibuat di Prancis dan Swiss.

### 4) Jam dan Arloji Modern

Jam mekanis mendapat kekuatan dari sebuah berat yang jatuh secara pelan atau sebuah pegas yang harus diputar dari waktu ke waktu. Pada abad XIX, pertama kali dibuat jam yang diputar dengan kekuatan listrik dan pada tahun 1918 jam-jam tersebut menggunakan tanda-tanda dari listrik sentral untuk mencatat waktu.

Sekarang, banyak jam dan arloji menggunakan getaran alam, yaitu 100.000 kali per detik, dalam sebuah kristal kuarsa untuk mencatat waktu dan kekuatannya dihasilkan dari baterai. Bahkan sebuah jam kecil dapat menyerupai komputer kecil, dengan sebuah weker yang terpasang tetap dan jarum yang dapat dihidup-matikan untuk mengukur waktu (*stop-watch*) dan waktu ditunjukkan paparan elektronik digital (yaitu dengan angka).

## III. Angka Penting

Angka penting adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran, termasuk angka terakhir yang ditaksirkan (diperkirakan). Dengan demikian, angka penting terdiri atas angka-angka pasti dan angka-angka taksiran sesuai dengan ketelitian alat ukur yang digunakan.

### **A. Aturan Penulisan Angka Penting**

Aturan-aturan angka penting.

- a. Semua angka bukan nol adalah angka penting
- b. Angka nol yang diapit angka bukan nol termasuk angka penting
- c. Angka nol yang terletak disebelah kiri angka bukan nol tidak termasuk angka penting
- d. Angka nol di sebelah kanan angka bukan nol bukan angka penting, kecuali angka nol disebelah kanan angka yang diberi tanda khusus (biasanya digaris bawah) termasuk angka penting.

### **B. Berhitung dengan Angka Penting**

- a. Aturan pembulatan

Jika angka pertama setelah angka yang akan dipertahankan kurang dari 5, maka angka yang dipertahankan tetap, sedangkan angka yang disebelah kanannya dihilangkan.

- b. Hasil operasi matematis angka penting hanya boleh mengandung satu angka ragu-ragu.

## **IV. Kesalahan dalam Pengukuran**

Hasil pengukuran tidak ada yang eksak, selalu mengandung kesalahan. Kesalahan-kesalahan ini tidak mungkin dihilangkan, tetapi kesalahan dalam pengukuran dapat diminimalkan. Kesalahan yang terjadi dalam pengukuran dapat dikelompokkan sebagai berikut.

## **A. Kesalahan Sistematis**

Kesalahan sistematik adalah kesalahan yang tetap terjadi. Faktor yang menyebabkan terjadinya kesalahan sistematik sebagai berikut:

a. Kesalahan alat

Kesalahan kalibrasi alat dan interaksi alat dengan lingkungan.

b. Kesalahan perorangan

Jika pada saat membaca skala mata tidak tegak lurus dengan skala yang dibaca, hasil pembacaan mengandung kesalahan paralaks.

c. Kesalahan percobaan

Kondisi percobaan tidak sama dengan kondisi saat alat di kalibrasi.

d. Tehnik yang kurang sempurna.

Teknologi atau langkah percobaan terlalu sederhana, sehingga banyak faktor yang mempengaruhi percobaan tidak terukur.

## **B. Kesalahan Tindakan**

Kesalahan tindakan umumnya disebabkan ketidaktelitian peneliti. Misalnya mengukur waktu ayunan 10 ayunan, tidak disadari baru 9 ayunan sudah selesai.

### **C. SIMPULAN**

Besaran dalam fisika terdiri atas besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok primer terdiri atas massa, panjang, dan waktu, sedangkan besaran pokok sekunder terdiri atas suhu, arus listrik, intensitas cahaya, dan jumlah zat. Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran pokok.

Angka penting terdiri atas angka-angka pasti dan angka taksiran pertama yang sesuai dengan tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan. Sedangkan dimensi bermanfaat untuk membuktikan kesamaan dua besaran dan untuk menentukan satuan besaran turunan.



# DINAMIKA PARTIKEL

## A. PENDAHULUAN

Pernahkah Anda berpikir; mengapa kita bisa begitu mudah berjalan di atas lantai keramik yang kering, tetapi akan begitu kesulitan jika lantai tersebut berubah menjadi basah? Mengapa diperlukan jarak yang jauh untuk menghentikan kapal laut begitu kapal tersebut berjalan? Mengapa kaki kita terasa lebih sakit manakala menendang batu besar daripada ketika menendang batu kerikil? Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan tersebut menghantarkan kita pada kajian tentang **dinamika**, cabang mekanika yang mempelajari gerak dan gaya yang menyebabkannya. Pada bagian ini, kita akan menggunakan besaran-besaran dasar kinematika, yaitu jarak/ perpindahan, kecepatan, dan percepatan yang dihubungkan dengan dua konsep baru, yaitu **gaya** dan **massa**.

Hukum tentang gerak dan penyebabnya sudah mulai dikaji sejak zaman Aristoteles (384-322 SM). Aristoteles menganggap bahwa suatu gaya, baik berupa tarikan maupun dorongan diperlukan untuk menjaga suatu benda bergerak. Pandangan ini meskipun agaknya logis dan sesuai dengan apa yang diamatai secara awam, namun pada saatnya nanti (ketika kita mempelajari Hukum Pertama Newton) kita akan melihat adanya kesalahan



fatal pada pandangan Aristoteles tersebut. Pada generasi berikutnya lahir ilmuwan seperti Copernikus, Brahe dan Kepler yang banyak menawarkan model analisis gerak benda-benda langit. Galileo bahkan telah memperkenalkan suatu besaran yang ia namai sebagai *kuantitas gerak*. Besaran inilah yang kini dikenal sebagai momentum. Pada tahun meninggalnya Galileo lahirlah Issac Newton yang kemudian menjadi orang pertama yang berhasil memberikan penjelasan secara mendasar tentang hukum-hukum gerak melalui ketiga hukumnya yang terkenal. Hukum Newton, meskipun tampak sangat sempurna, kini kita juga mendapati bahwa hukum-hukum tersebut tidak berlaku universal, namun masih membutuhkan modifikasi untuk benda pada kecepatan sangat tinggi (mendekati kecepatan cahaya) dan untuk benda dengan ukuran yang sangat kecil (atom).

Mekanika klasik (mekanika Newtonian) menyediakan cara untuk menganalisis gerak pada benda yang relatif besar dan berkecepatan tidak terlampau tinggi (jauh di bawah kecepatan cahaya), sedangkan untuk mempelajari gerak benda dengan kecepatan tinggi digunakan hukum-hukum relativitas. Adapun gerak yang dilakukan oleh benda-benda yang sangat kecil dipelajari melalui mekanika kuantum. Bagian ini hanya akan mengulas tentang mekanika klasik, artinya kita hanya akan bekerja dengan benda-benda yang berukuran relatif besar dan dengan kecepatan yang relatif kecil (jauh di bawah kecepatan cahaya).

## B. URAIAN MATERI

### 2.1 Mekanika Klasik

Gerak dinyatakan dalam besaran-besaran vektor  $r$ ,  $v$  dan  $a$ , tanpa mempersoalkan apa yang “menyebabkan” gerak tersebut; sebagian besar pembahasan bersifat geometris semata. Dalam pasal ini dan pasal berikut akan dibahas penyebab gerak, pembahasan ini termasuk bagian mekanika yang disebut *dinamika*. Seperti juga pasal sebelumnya, benda-benda yang dibahas diperlakukan sebagai sebuah partikel tunggal. Nanti pada bagian lain harus dibahas kelompok partikel atau benda tegar.

Gerak dari suatu partikel tertentu ditentukan oleh sifat dan susunan benda-benda lain yang merupakan *lingkungannya*. Tabel 5-1 memperlihatkan beberapa “partikel” dan lingkungan yang mungkin bagi mereka.

Dalam bagian berikut kita membatasi diri pada beberapa hal penting dari benda-benda besar yang bergerak dengan laju jauh dibawah laju cahaya  $c$ ; inilah daerah kerja *mekanik klasik*. Jelasnya, kita tidak akan membahas misalnya, gerak elektron dalam atom uranium atau tumbukan dua buah proton yang lajunya  $0,90c$ . Masalah pertama membawa kita kepada teori kuantum dan yang kedua kepada teori relativitas. Mekanika klasik adalah hal khusus kedua teori ini.

Masalah utama dalam mekanika klasik adalah yang berikut: (1) Diberikan sebuah partikel dengan ciri atau karakteristik tertentu (massanya, muatannya, momen dipol

magnetnya dan sebagainya). (2) Partikel ini kini letakkan dalam suatu lingkungan yang telah kita ketahui secara lengkap dan kita berikan kecepatan awal tertentu kepada partikel tersebut. (3) Persoalannya: bagaimanakah gerak partikel selanjutnya?

Untuk banyak macam lingkungan, persoalan ini telah dipecahkan oleh Isaac Newton (1642-1727) ketika ia mengemukakan hukum geraknya dan merumuskan hukum gravitasi universalnya. Cara penyelesaian masalah ini menurut mekanika klasik yang kita kenal sekarang adalah: (1) Kita perkenalkan dulu konsep *gaya* (force)  $\mathbf{F}$  yang didefinisikan melalui percepatan yang dialami suatu benda standar tertentu. (2) Kemudian kita kembangkan tata cara menyatakan *massa*  $m$  suatu benda, sehingga kita dapat menerima kenyataan bahwa partikel yang berbeda dari jenis yang sama mengalami percepatan yang berbeda jika berada dalam lingkungan yang sama. (3) Akhirnya, kita tentukan cara menghitung gaya yang bekerja pada partikel berdasarkan sifat-sifat partikel dan lingkungannya; maksudnya kita coba untuk menentukan *hukum-hukum gaya*. Pada dasarnya gaya adalah suatu alat (teknik) yang menghubungkan lingkungan dengan gerak partikel, gaya muncul baik dalam hukum-hukum gerak (yang menyatakan kepada kita bagaimanakah percepatan sebuah benda yang mengalami gaya tertentu) maupun dalam hukum gaya (yang menyatakan bagaimana menghitung gaya yang akan bekerja pada suatu benda yang berada dalam lingkungan tertentu). Hukum gerak dan hukum gaya bersama-sama

membentuk hukum-hukum mekanika.

Program mekanika ini tidak dapat diuji sebagian-sebagian, keseluruhannya harus dipandang sebagai satu kesatuan. Program ini dikatakan berhasil (sukses) jika jawaban untuk kedua pertanyaan berikut adalah “positif”. (1) apakah hasil program tersebut sesuai dengan eksperimen? (2) apakah hukum-hukum gayanya berbentuk sederhana? Suatu karunia yang besar bagi mekanika Newtonian, karena dengan mekanika ini jawaban kedua pertanyaan diatas adalah positif.

Dalam bagian ini istilah gaya dan masa digunakan secara agak kurang tepat. Gaya dinyatakan sebagai pengaruh lingkungan dan masa sebagai keengganan suatu benda untuk dipercepat bila dikenai gaya, sifat ini sering disebut inersia (kelambaman). Dalam bagian berikutnya nanti gagasan, primitif tentang gaya dan masa ini akan kita perbaiki.

## 2.2 Hukum-Hukum Gerak.

Apa yang membuat benda bergerak ?

- **Aristoteles** (384-322 SM) :  
gaya, tarik atau dorong, diperlukan untuk menjaga sesuatu bergerak.
- **Galileo Galilei** (awal 1600-an) :  
benda bergerak mempunyai “kuantitas gerak” secara intrinsik.
- **Issac Newton** (1665 - 1666) :  
Hukum Newton mengandung 3 konsep : *massa, gaya,*

*momentum*

massa : mengukur kuantitas bahan dari suatu benda.

gaya : tarikan atau dorongan.

momentum : kuantitas gerak

“Kuantitas gerak” atau momentum diukur dari perkalian massa benda

dengan kecepatannya :

$$p = m.v$$

Hukum I : Benda yang bergerak cenderung untuk tetap bergerak,

atau tetap diam jika diam.

Hukum II : Laju perubahan momentum suatu benda sama dengan

gaya total yang bekerja pada benda tersebut.

$$F = dp/dt$$

bila massa  $m$  konstan,

$$F = d(mv)/dt$$

$$F = m dv/dt$$

karena  $dv/dt = a$  (percepatan), maka

$$F = ma$$

Hukum III: Untuk setiap aksi selalu terdapat reaksi yang sama besar

dan berlawanan.

### **2.3 Pentingnya Hukum Gerak Newton**

Alam dan Hukum alam tersembunyi dalam malam;  
Tuhan berkata, Biar Newton jadi! Dan semua menjadi

terang. — Alexander Pope

Hukum gerak Newton, bersama dengan hukum gravitasi universal dan teknik matematika kalkulus, memberikan untuk pertama kalinya sebuah kesatuan penjelasan kuantitatif untuk fenomena fisika yang luas seperti: gerak berputar benda, gerak benda dalam cairan; projektil; gerak dalam bidang miring; gerak pendulum; pasang-surut; orbit bulan dan planet. Hukum konservasi momentum, yang Newton kembangkan dari hukum kedua dan ketiganya, adalah hukum konservasi pertama yang ditemukan. Hukum Newton dipastikan dalam eksperimen dan observasi selama 200 tahun.

### 2.3.1 Hukum I Newton : Hukum Inertia

Hukum ini juga disebut Hukum Inertia atau Prinsip Galileo. Formulasi alternatif:

Setiap pusat massa benda tetap berada dalam keadaan istirahat, atau gerak seragam lurus ke kanan, kecuali dipaksa berubah dengan menerapkan gaya ke benda tersebut. Sebuah pusat massa benda tetap diam, atau bergerak dalam garis lurus (dengan kecepatan,  $v$ , sama), kecuali diberi gaya luar. Dalam notasi kalkulus, dapat dikemukakan dengan:

$$\frac{d}{dt} v = 0$$

Meskipun hukum Newton pertama merupakan kasus spesial dari hukum Newton kedua (lihat bawah), hukum pertama menjelaskan frame referensi di mana

kedua hukum lainnya dapat dibuktikan benar. Frame referensi ini disebut referensi frame inertial atau Galilean referensi frame dan bergerak dengan kecepatan konstan, yaitu, tanpa percepatan.

Dalam formal tidak resmi, Aristoteles berpikir bahwa benda akan diam bila kalian biarkan diam, diam secara alami, dan gerakan membutuhkan suatu penyebab. Normal bila ia berpikir begitu, karena setiap gerakan (kecuali objek celestial) yang diamati oleh pengamat akan berhenti karena gesekan. Tetapi teori Galileo menyatakan bahwa “Benda bergerak secara alami dengan kecepatan tetap, bila dibiarkan sendiri.”

Berjalan dari Aristoteles “Keadaan alami benda adalah diam” ke hukum pertama Newton adalah penemuan yang penting dan dalam fisika. Dalam kehidupan sehari-hari, gaya gesek biasanya menyebabkan benda bergerak menjadi pelan dan membawanya ke keadaan diam. Newton menjelaskan model matematika yang seseorang dapat menurunkan gerakan benda dari sebab dasar : gaya.

### 2.3.2 Kecepatan

Kecepatan (simbol:  $v$ ) adalah pengukuran vektor dari besar dan arah gerakan. Nilai absolut skalar(magnitudo) dari kecepatan disebut kelajuan. Kecepatan dinyatakan dengan jarak yang ditempuh persatuan waktu.

Rumus kecepatan yang paling sederhana adalah “Kecepatan= Perpindahan/Waktu” atau  $v = s/t$ .

Dengan demikian, satuan SI kecepatan adalah m/s dan merupakan sebuah besaran turunan. Beberapa satuan

kecepatan lainnya adalah km/jam atau km/h mil/jam atau mph knot

Mach yang diambil dari kecepatan suara. Mach 1 adalah kecepatan suara. Perubahan kecepatan tiap satuan waktu dikenal sebagai percepatan atau akselerasi.

### **2.3.2.1 Satuan kecepatan**

c (konstanta kecepatan cahaya) | sentimeter per jam (cm/h) | sentimeter per menit (cm/m) | sentimeter per detik (cm/s) | kaki perjam (foot/h) | kaki per menit (foot/m) | kaki per detik (foot/s) | meter per jam (m/h) | meter per menit (m/m) | meter per detik (m/s) | kilometer per jam (km/h) | kilometer per menit (km/m) | kilometer per detik (km/s) | knot | mach (laut) | mach (SI) | mil per jam (mil/h) | mil per menit (mil/m) | mil per detik (mil/s) | yard per jam (yard/h) | yard per menit (yard/m) | yard per detik (yard/s)

### **2.3.2.2 Jarak**

Jarak adalah angka yang menunjukkan seberapa jauh suatu benda dengan benda lainnya. Dalam fisika atau dalam pengertian sehari-hari, jarak dapat berupa jarak fisik, sebuah periode waktu, atau estimasi/perkiraan berdasarkan kriteria tertentu (misalnya jarak tempuh antara Jakarta-Bandung). Dalam matematika, jarak haruslah memenuhi kriteria tertentu.

### **2.3.2.3 Waktu**

Waktu menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1997) adalah seluruh rangkaian saat ketika proses, perbuatan atau keadaan berada atau berlangsung.



Berbeda dengan koordinat posisi, jarak tidak mungkin bernilai negatif. Jarak merupakan besaran skalar, sedangkan perpindahan merupakan besaran vektor. Jarak yang ditempuh oleh kendaraan (biasanya ditunjukkan dalam odometer), orang, atau obyek, haruslah dibedakan dengan jarak antara titik satu dengan lainnya.

#### **2.3.2.4 Percepatan**

Dalam fisika, percepatan adalah besarnya perubahan (atauturunan terhadap waktu dari kecepatan, yang merupakan vektor) dengan dimensi panjang/waktu<sup>2</sup>. Dalam satuan SI adalah meter/detik<sup>2</sup>. Percepatan dilambangkan dengan  $a$ . Percepatan bisa bernilai positif dan negatif. Bila nilai percepatan positif, hal ini menunjukkan bahwa kecepatan benda yang mengalami percepatan positif ini bertambah (dipercepat). Sebaliknya bila negatif, hal inimenunjukkan bahwa kecepatan benda menurun (diperlambat). Contoh percepatan positif adalah : jatuhnya buah dari pohonnya yang dipengaruhi gravitasi. Sedangkan contoh percepatan negatif adalah : mengerem mobil.

### **2.4 Hukum II Newton.**

Persamaan  $F = ma$  dapat diterjemahkan dalam 2 pernyataan.

- Bila sebuah benda dengan massa  $m$  mendapat percepatan  $a$ , maka gaya sebesar  $ma$  bekerja pada benda tersebut. Bila

sebuah benda  
bermassa  $m$

- mendapat gaya  $F$ , maka benda tersebut akan dipercepat sebesar  $F/m$

Gaya gravitasi = massa dan berat.

Dari hukum kedua Newton bahwa massa mengukur ketahanan benda untuk berubah gerakannya, yaitu inersianya. Massa adalah sifat intrinsik dari suatu benda, tidak tergantung ketinggian maupun keadaan yang lain. Berat merupakan gaya yang diperlukan benda untuk melakukan gerak jatuh bebas. Untuk gerak jatuh bebas  $a = g$  = percepatan gravitasi setempat.

$$F = m a$$

$$w = m g$$

Berat tergantung pada lokasi terhadap bumi.

## 2.5 Hukum III Newton.

Seperti contoh, seorang wanita menendang tembok dengan sepatunya. Wanita itu dibawa ke rumah sakit dan jari kakinya dibalut karena patah. Mengapa jari wanita itu patah? Anda melihat wanita itulah yang mengerjakan gaya *pada tembok*. Tetapi, sebagai reaksi dari tendangannya, tembok balik mengerjakan gaya pada jari kakinya. Sayangnya, jari kaki wanita tidak sekuat tembok, sehingga jari kakinya patah.

Newton menyatakan bahwa gaya tunggal yang hanya melibatkan satu benda tak mungkin ada. Gaya hanya hadir jika sedikitnya ada dua benda yang berinteraksi. Pada

interaksi ini gaya selalu berpasangan. Jika A mengerjakan gaya pada B, maka B akan mengerjakan gaya pada A. Gaya pertama dapat anda sebut sebagai aksi dan gaya kedua disebut reaksi. Ini tidak berarti bahwa aksi bekerja lebih dahulu baru timbul reaksi. Kedua gaya ini terjadi bersamaan. Dengan demikian, tidak jadi masalah, gaya mana yang anda anggap sebagai aksi, dan gaya mana yang anda sebut sebagai reaksi.

Anda telah mengetahui bahwa aksi berlawanan arah dengan reaksi. Di SMP Anda juga anda telah mengetahui bahwa *besar aksi sama dengan besar reaksi*. Dengan demikian, hukum III Newton dapat dinyatakan sebagai berikut. Jika A mengerjakan gaya pada B, maka B akan mengerjakan gaya pada A, yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan. Hukum ini kadang-kadang ditanyakan sebagai berikut. Untuk setiap aksi, ada suatu reaksi yang sama besar, tetapi berlawanan arah.

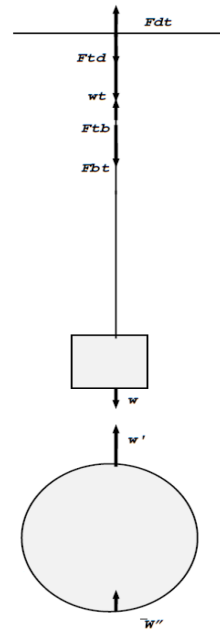
Secara matematis, hukum III Newton dinyatakan sebagai Hukum III Newton.

Hukum ketiga Newton menyatakan adanya pasangan gaya aksi-reaksi.

Pasangan gaya aksi-reaksi :

- terjadi serentak
- bekerja pada benda yang berbeda
- sama besar
- berlawanan arah

$F_{dt}$  : gaya oleh dinding pada tali  
 $F_{td}$  : gaya oleh tali pada dinding  
 $w_t$  : gaya tarik bumi pada tali  
 $F_{tb}$  : gaya oleh tali pada balok  
 $F_{bt}$  : gaya oleh balok pada tali  
 $w$  : gaya tarik bumi pada balok  
 $w'$  : gaya tarik balok pada bumi  
 $w''$  : gaya tarik tali pada bumi



Merupakan pasangan gaya aksi - reaksi :  
 $w$  dan  $w'$ ,  $w_t$  dan  $w'_t$ ,  $F_{bt}$  dan  $F_{tb}$ ,  $F_{dt}$  dan  $F_{td}$ .

## 2.6 Pemakaian Hukum Newton

Hukum kedua Newton ,  $F = m a$ , merupakan bagian yang penting di dalam menyelesaikan masalah-masalah mekanika. Ada beberapa langkah yang berguna untuk membantu menyelesaikan masalah-masalah mekanika. *Gaya Termasuk Vektor* penjumlahan gaya= penjumlahan vektor.

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \alpha}$$

$\alpha$  = sudut terkecil antara  $F_1$  dan  $F_2$

Untuk menjumlahkan beberapa vektor gaya maka gaya-gaya tersebut

harus diuraikan pada sumbu koordinatnya (x,y), jadi:

$$\mathbf{FR} = \mathbf{\ddot{O}} \mathbf{FX2} + \mathbf{FY2}$$

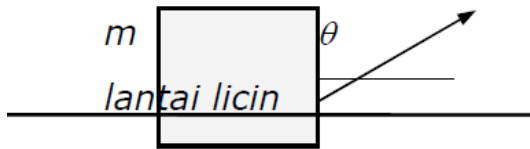
FX=jumlah komponen gaya pada sb-x

FY=jumlah komponen gaya pada sb-y

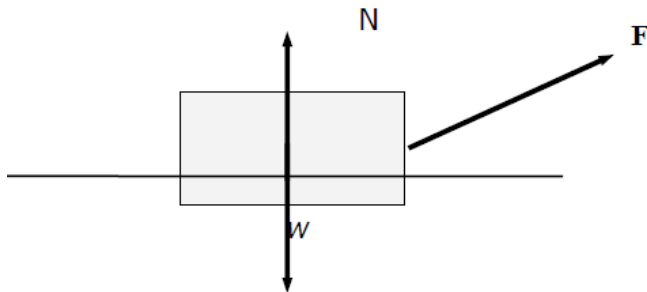
FR = resultan gaya

a. Identifikasi obyek/benda yang menjadi pusat perhatian.

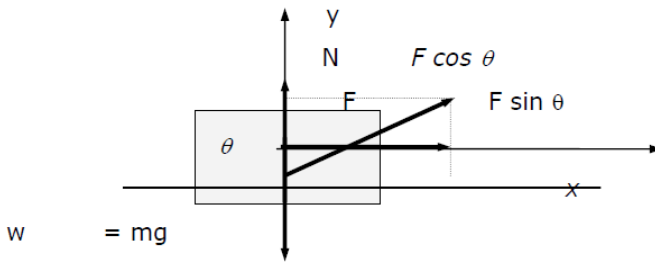
*Yang menjadi pusat perhatian : balok*



b. Gambar gaya-gaya yang bekerja pada obyek/benda tersebut secara vektor.



c. Pilih sistem koordinat pada obyek/benda tersebut dan proyeksikangaya-gaya yang bekerja pada sumbu koordinat.



d. Tulis hukum kedua Newton dalam  $F = ma$ , dan jumlahkan  $F$  total yang bekerja pada obyek/benda tersebut secara vektor.

- *komponen x*

$$F_x = m a_x$$

$$F \cos \theta = m a_x$$

- *Komponen y*

$$F_y = m a_y$$

$$F \sin \theta + N - mg = m a_y$$

e. Selesaikan permasalahannya secara simbolik (dengan notasi simbol, misal  $m$ ,  $a$ ,  $F$  dsb).

*Dari dua persamaan dalam komponen x dan komponen y tersebut variabel yang ditanyakan dapat dicari.*

f. Masukkan nilai tiap-tiap variabel ke dalam persamaan yang sudah diperoleh.

## 2.7 Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Kinematika adalah Ilmu gerak yang membicarakan gerak suatu benda tanpa memandang gaya yang bekerja pada benda tersebut (massa benda diabaikan). Jadi jarak yang *ditempuh benda selam geraknya hanya ditentukan*

oleh kecepatan  $v$  dan atau percepatan  $a$ .

Gerak Lurus Beraturan (GLB) adalah gerak lurus pada arah mendatar dengan kecepatan  $v$  tetap (percepatan  $a = 0$ ), sehingga jarak yang ditempuh  $S$  hanya ditentukan oleh kecepatan yang tetap dalam waktu tertentu.

Pada umumnya GLB didasari oleh Hukum Newton I ( $\Sigma F = 0$ )

$$\cdot S = X = v \cdot t ; a = Dv/Dt = dv/dt = 0$$

$$v = DS/Dt = ds/dt = \text{tetap}$$

Tanda **D** (selisih) menyatakan **nilai rata-rata**.

Tanda **d** (diferensial) menyatakan **nilai sesaat**.

### 2.7.1 Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) adalah gerak lurus pada arah mendatar dengan kecepatan  $v$  yang berubah setiap saat karena adanya percepatan yang tetap. Dengan kata lain benda yang melakukan gerak dari keadaan diam atau mulai dengan kecepatan awal akan berubah kecepatannya karena ada percepatan ( $a = +$ ) atau perlambatan ( $a = -$ ). Pada umumnya GLBB didasari oleh Hukum Newton II ( $\Sigma F = m \cdot a$ ).

$$v_t = v_0 \pm a \cdot t$$

$$vt^2 = v_0^2 \pm 2 a S$$

$$S = v_0 t \pm 1/2 a t^2$$

$v_t$  = kecepatan sesaat benda

$v_0$  = kecepatan awal benda

$S$  = jarak yang ditempuh benda

$f(t)$  = fungsi dari waktu  $t$

$$v = ds/dt = f(t)$$

$$a = dv/dt = \text{tetap}$$

Syarat : Jika dua benda bergerak dan saling bertemu maka jarak yang ditempuh kedua benda adalah sama.

## 2.8 Gerak Karena Pengaruh Gravitasi

### 2.8.1 Gerak Jatuh Bebas

adalah gerak jatuh benda pada arah vertikal dari ketinggian  $h$  tertentu tanpa kecepatan awal ( $v_0 = 0$ ), jadi gerak benda hanya dipengaruhi oleh gravitasi bumi  $g$ .

$$y = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$vt = g t = \sqrt{2gh}$$

#### GJB dan analoginya

	Gerak oleh gaya gravitasi	Gerak oleh gaya listrik
Gaya	$F = mg$	$F = qE$
Percepatan	$a = g$	$a = \frac{q}{m}E$
Kecepatan	$v = gt$	$v = \left(\frac{q}{m}E\right)t$
Posisi	$y = \frac{1}{2}gt^2$	$y = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{m}E\right)t^2$

$g$  = percepatan gravitasi bumi.  $y = h$  = lintasan yang ditempuh benda pada arah vertikal, (diukur dari posisi benda mula-mula).

$t$  = waktu yang dibutuhkan benda untuk menempuh lintasannya.



## 2.8.2 Gerak Vertikal Ke Atas

Adalah gerak benda yang dilempar dengan suatu kecepatan awal  $v_0$  pada arah vertikal, sehingga  $a = -g$  (melawan arah gravitasi). Syarat suatu benda mencapai tinggi maksimum ( $h$  maks):  $v_t = 0$  Dalam penyelesaian soal gerak vertikal keatas, lebih mudah diselesaikan dengan menganggap posisi di tanah adalah untuk  $Y = 0$ .

*Beberapa contoh soal dapat dilihat di bawah :*

*Contoh:*

1. Sebuah partikel bergerak sepanjang sumbu- $X$  dengan persamaan lintasannya:  $X = 5t^2 + 1$ , dengan  $X$  dalam meter dan  $t$  dalam detik.

Tentukan :

- a. Kecepatan rata-rata antara  $t = 2$  detik dan  $t = 3$  detik.
- b. Kecepatan pada saat  $t = 2$  detik.
- c. Jarak yang ditempuh dalam 10 detik.
- d. Percepatan rata-rata antara  $t = 2$  detik dan  $t = 3$  detik.

*Jawab:*

a.  $v$  rata-rata =  $DX / Dt$

$$= (X_3 - X_2) / (t_3 - t_2)$$

$$= [(5 \cdot 9 + 1) - (5 \cdot 4 + 1)] / [3 - 2]$$

$$= 46 - 21 = 25 \text{ m/ detik}$$

b.  $v_2 = dx/dt |_{t=2} = 10 |_{t=2} = 20 \text{ m/detik.}$

c.  $X_{10} = (5 \cdot 100 + 1) = 501 \text{ m ; } X_0 = 1 \text{ m}$

$$\text{Jarak yang ditempuh dalam 10 detik} = X_{10} - X_0 = 501 - 1$$

$$= 500 \text{ m}$$

d.  $a$  rata-rata =  $Dv / Dt$

$$= (v_3 - v_2) / (t_3 - t_2)$$

$$= (10.3 - 10.2) / (3 - 2)$$

$$= 10 \text{ m/det}^2$$

2. Jarak PQ = 144 m. Benda B bergerak dari titik Q ke P dengan percepatan 2 m/s<sup>2</sup> dan kecepatan awal 10 m/s. Benda A bergerak 2 detik kemudian dari titik P ke Q dengan percepatan 6 m/s<sup>2</sup> tanpa kecepatan awal. Benda A dan B akan bertemu pada jarak berapa ?

*Jawab:*

Karena benda A bergerak 2 detik kemudian setelah benda B maka  $t_B = t_A + 2$ .

$$S_A = v_0 \cdot t_A + 1/2 a \cdot t_A^2 = 0 + 3 t_A^2$$

$$S_B = v_0 \cdot t_B + 1/2 a \cdot t_B^2 = 10 (t_A + 2) + (t_A + 2)^2$$

Misalkan kedua benda bertemu di titik R maka

$$S_A + S_B = PQ = 144 \text{ m}$$

$$3t_A^2 + 10 (t_A + 2) + (t_A + 2)^2 = 144$$

$$2t_A^2 + 7t_A - 60 = 0$$

Jadi kedua benda akan bertemu pada jarak  $S_A = 3t_A^2 = 48$  m (dari titik P).

3. Grafik di bawah menghubungkan kecepatan V dan waktu t dari dua mobil A dan B, pada lintasan dan arah sama. Jika  $\text{tg } a = 0.5 \text{ m/det}$ ,

hitunglah:

- Waktu yang dibutuhkan pada saat kecepatan kedua mobil sama.
- Jarak yang ditempuh pada waktu menyusul

*Jawab:*

Dari grafik terlihat jenis gerak benda A dan B adalah GLBB dengan

$$V_0(A) = 30 \text{ m/det dan } V_0(B) = 0.$$

a. Percepatan kedua benda dapat dihitung dari gradien garisnya,

jadi :

$$a_A = \text{tg } a = 0.5$$

$$10/t = 0.5 \text{ @ } t = 20 \text{ det}$$

$$a_B = \text{tg } b = 40/20 = 2 \text{ m/det}$$

b. Jarak yang ditempuh benda

$$S_A = V_0 t + 1/2 at^2 = 30t + 1/4t^2$$

$$S_B = V_0 t + 1/2 at^2 = 0 + t^2$$

pada saat menyusul/bertemu :

$$S_A = S_B \text{ @ } 30t + 1/4 t^2 = t^2 \text{ @ } t = 40 \text{ det}$$

Jadi jarak yang ditempuh pada saat menyusul :

$$S_A = S_B = 1/2 \cdot 2 \cdot 40^2 = 1600 \text{ meter}$$

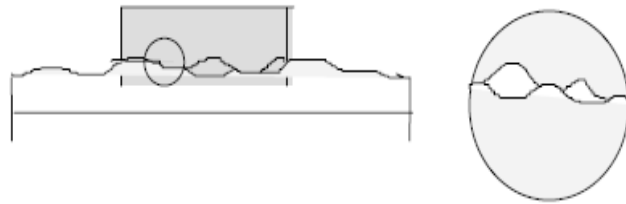
## 2.9 Gesekan

Gaya gesek adalah gaya yang terjadi antara 2 permukaan yang bergerak relatif berlawanan.

*adhesi permukaan*

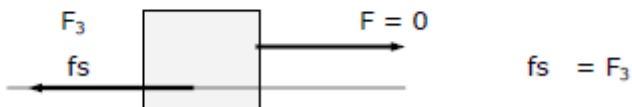
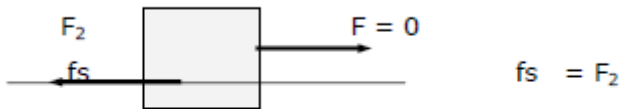
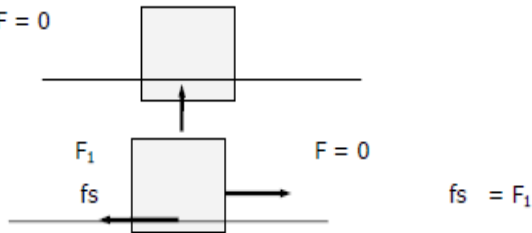
Tinjau sebuah balok yang terletak pada bidang datar yang kasar.

*adhesi permukaan*



Tinjau sebuah balok yang terletak pada bidang datar yang kasar.

diam  $F = 0$



Gaya gesek yang terjadi selama benda diam disebut *gaya gesek statik*. Gaya gesek statik maksimum adalah gaya terkecil yang dibutuhkan agar benda mulai bergerak. Gaya gesek statik maksimum :

- Tidak tergantung luas daerah kontak.
- Sebanding dengan gaya normal. *Gaya normal* muncul akibat deformasi elastik benda-benda yang

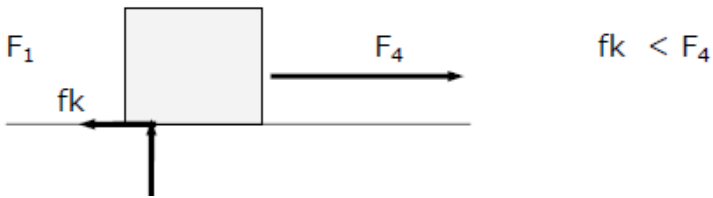
bersinggungan.

$$f_s \leq \mu_s N$$

$\mu_s$  = koefisien gesek statis

Bila  $F_3$  diperbesar sedikit saja, benda akan bergerak.

mulai bergerak  $F = m a$



Gaya gesek yang terjadi selama benda sedang bergerak

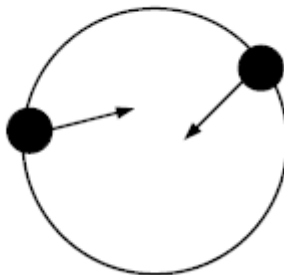
disebut gaya

gesek kinetik.

$$f_k = \mu_k N$$

$\mu_k$  = koefisien gesek kinetic

## 2.10 Dinamika Gerak Melingkar

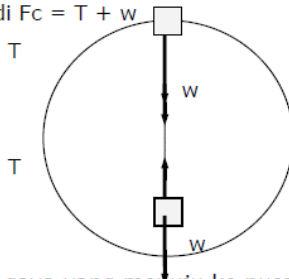


Gambar 2. Gerak melingkar

Suatu partikel yang bergerak melingkar dengan besar kecepatan konstan, partikel tersebut mengalami percepatan (sentrripetal) sebesar  $= v^2/r$  yang arahnya menuju ke pusat lingkaran (kelengkungan). Dari hukum ke-2 Newton, bahwa apabila sebuah benda bergerak dipercepat maka pada benda tersebut bekerja gaya. Maka pada kasus benda bergerak melingkar, pada benda tersebut bekerja gaya yang arahnya juga ke pusat. Gaya-gaya tersebut disebut ***gaya sentripetal***. Reaksi dari gaya sentripetal disebut ***gaya sentrifugal***, yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan dengan arah gaya sentripetal.

Contoh : sebuah balok yang diputar vertikal dengan tali.

pada posisi di A gaya yang menuju ke pusat adalah tegangan tali T dan berat balok w, jadi  $F_c = T + w$



Pada posisi di bawah, gaya yang menuju ke pusat adalah tegangan tali T dan berat balok w (arah menjauhi pusat). Jadi  $F_c = T - w$

*Bagaimana gaya sentripetalnya bila balok balok berada pada posisi di samping.*

### 2.10.1 Gerak Setengah Parabola

Benda yang dilempar mendatar dari suatu ketinggian tertentu dianggap tersusun atas dua macam gerak, yaitu :

**a. Gerak pada arah sumbu X (GLB)**

$$v_x = v_0$$

$$S_x = X = v_x t$$

**b. Gerak pada arah sumbu Y (GJB/GLBB)**

$$v_y = 0$$

$$y = 1/2 g t^2$$

### 2.10.2 Gerak Parabola/Peluru

Benda yang dilempar ke atas dengan sudut tertentu, juga tersusun atas dua macam gerak dimana *lintasan dan kecepatan benda harus diuraikan pada arah X dan Y.*

**a. Arah sb-X (GLB)**

$$v_{0x} = v_0 \cos q (\text{tetap})$$

$$X = v_{0x} t = v_0 \cos q \cdot t$$

**b. Arah sb-Y (GLBB)**

$$V_{0y} = v_0 \sin q$$

$$Y = v_{0y} t - 1/2 g t^2$$

$$= v_0 \sin q \cdot t - 1/2 g t^2$$

$$v_y = v_0 \sin q - g t$$

Syarat mencapai titik P (titik tertinggi):  $v_y = 0$

$$t_{op} = v_0 \sin q / g$$

sehingga

$$t_{op} = t_{pq}$$

$$t_{oq} = 2 t_{op}$$

$$OQ = v_{0x} t_Q = V_0^2 \sin^2 q / g$$

$$h_{\max} = v_{0y} t_p - 1/2 g t_p^2$$

$$2 = V_0$$

$$2 \sin^2 q / 2g$$

$$vt = \ddot{O} (v_x)^2 + (v_y)^2$$

beberapa contoh soal dapat dilihat di bawah ini :

1. Sebuah benda dijatuhkan dari pesawat terbang yang sedang melaju horisontal 720 km/jam dari ketinggian 490 meter. Hitunglah jarak jatuhnya benda pada arah horisontal ! ( $g = 9.8 \text{ m/det}^2$ ).

**Jawab:**

$$v_x = 720 \text{ km/jam} = 200 \text{ m/det.}$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow 490 = \frac{1}{2} \cdot 9.8 \cdot t^2$$

$$t = 10 = 10 \text{ detik}$$

$$X = v_x \cdot t = 200 \cdot 10 = 2000 \text{ meter}$$

2. Peluru A dan peluru B ditembakkan dari senapan yang samadengan sudut elevasi yang berbeda; peluru A dengan  $30^\circ$  dan peluru B dengan sudut  $60^\circ$ . Berapakah perbandingan tinggi maksimum yang dicapai peluru A dan peluru B?

**Jawab:**

Peluru A:

$$h_A = \frac{V_0^2 \sin^2 30^\circ}{2g} = \frac{V_0^2 \cdot 1/4}{2g} = \frac{V_0^2}{8g}$$

Peluru B:

$$h_B = \frac{V_0^2 \sin^2 60^\circ}{2g} = \frac{V_0^2 \cdot 3/4}{2g} = \frac{3 V_0^2}{8g}$$

$$h_A = h_B = \frac{V_0^2}{8g} : \frac{3 V_0^2}{8g} = 1 : 3$$

## 2.11 GAYA

Dalam sehari-hari gaya sering diartikan sebagai dorongan atau tarikan, terutama yang dilakukan oleh otot-otot kita. Dalam fisika kita perlu mendefinisikannya secara lebih terperinci dan tepat. Disini definisi gaya dinyatakan



dalam percepatan yang dialami oleh suatu benda standar bila diletakkan dalam lingkungan tertentu yang sesuai. Sebagai benda standar baiklah kita gunakan (atau lebih tepat kita bayangkan bahwa kita menggunakan) kilogram standar. Benda ini dipilih sebagai standar massa dan kepadanya diberikan, perdefinisi, massa  $m_0$  tepat 1 kg. Nanti akan diperlihatkan bagaimana cara menentukan massa benda-benda lain.

Benda standar tersebut diikatkan pada ujung pegas dan diletakkan diatas sebuah meja horizontal yang gesekannya dapat diabaikan. Keduanya berlaku sebagai lingkungan bagi benda tersebut. Ujung pegas yang lain kita pegang dengan tangan seperti gambar. Sekarang pegas kita tarik horizontal ke kanan ; dengan coba-coba diusahakan agar benda mengalami percepatan konstan  $1,0 \text{ m/s}^2$  . Pada keadaan ini dikatakan, sebagai definisi, bahwa pegas( yaitu lingkungan utama benda) melakukan gaya konstan pada benda yang besarnya kita sebut “1,0 Newton” atau dalam notasi SI : 1,0 N. Kita lihat bahwa dalam melakukan gaya ini pegas direntang sepanjang  $\Delta$  melebihi panjang normalnya ketika kendur.

Percobaan dapat diulangi,dengan merentangkan pegas lebih panjang atau menggunakan pegas lain yang lebih kaku,sehingga percepatan benda standar yang diamati menjadi  $2,00 \text{ m/s}^2$  . Sekarang dikatakan bahwa pegas memberikan gaya 2,00 N pada benda standar. Secara umum dapat dikatakan,bahwa jika dalam suatu lingkungan benda standar mendapat percepatan  $a$ , maka

berarti lingkunagna memberikan gaya  $F$  pada benda, secara numerik harga  $F$ , (dalam Newton) sama dengan  $a$  (dalam  $m/s^2$ ).

Masih harus diperiksa, apakah gaya, seperti yang didefinisikan diatas, termasuk besaran *vektor* atau bukan. Dalam gambar 5-2b telah diberikan besar gaya  $F$  dan tidak sulit juga untuk menyatakan arahnya, yaitu arah percepatan yang dihasilkan oleh gaya itu. Tetapi untuk menyatakan sesuatu adalah vektor tidak cukup dengan melihat bahwa ia memiliki besar dan arah saja, harus diperiksa juga bahwa ia memenuhi hukum penjumlahan vektor. Hanya dari eksperimen dapat diperiksa bahwa gaya yang didefinisikan diatas benar-benar memenuhi aturan tersebut.

Jika pada benda standar tersebut diberikan gaya sebesar 4,00 N sepanjang sumbu -  $x$ . Dengan perkataan lain, dapat dikatakan bahwa benda standar tersebut mengalami gaya sebesar 5,00 N dalam arah seperti diatas. Hasil ini dpaat diperoleh juga dengan menjumlahkan kedua gaya 4,00 N dan 3,00 N diatas secara vektor dengan menggunakan metoda jajaran genjang. Percobaan ini memberi kesimpulan bahwa gaya adalah vektor, ada besarnya, ada arahnya dan jumlahnya mengikuti arah jajaran genjang.

Hasil percobaan dalam bentuk yang umum sering dinyatakan sebagai berikut: *jika beberapa gaya bekerja pada sebuah benda, masing-masing akan menimbulkan percepatan sendiri secara terpisah. percepatan yang*

*dialami adalah benda jumlah vektor dari berbagai percepatan terpisah itu.*

## **2.12 SISTEM SATUAN MEKANIKA**

Satuan gaya didefinisikan sebagai gaya yang menimbulkan satu-satuan percepatan bila dikerjakan pada satu-satuan massa. Dalam bahasa SI, satuan gaya adalah gaya yang mempercepat massa 1kg sebesar  $1\text{m/s}^2$ , dan seperti yang kita lihat satuan ini disebut Newton. Dalam satuan cgs, satuan gaya adalah gaya yang mempercepat massa satu-g sebesar  $1\text{cm/s}^2$ , satuan ini disebut dyne. Karena 1kg samadengan  $10^3\text{g}$  dan  $1\text{m/s}^2$  sama dengan  $10^2\text{cm/s}^2$  maka diperoleh 1N sama dengan  $10^5$  dyne.

Dalam masing-masing satuan tersebut, telah dipilih massa, panjang dan waktu sebagai besaran-besaran dasar. Untuk besaran-besaran dasar ini diperlakukan standar dan definisi dan satuan dinyatakan dalam standar tersebut. Gaya muncul sebagai besaran turunan, yang ditentukan dari hubungan  $F=ma$ .

Dalam sistem satuan BE, yang dipilih sebagai besaran dasar adalah gaya, panjang dan waktu, sedangkan massa sebagai besaran turunan. Dalam sitem ini massa ditentukan dari hubungan  $m=F/a$ . Standar dan satuan gayadalam sistem ini adalah pon (pound).sesungguhnya, pon gaya semula didefinisikan sebagai btarikan bumi terhadap suatu benda standar tertentu di suatu tempat tertentu di permukaan bumi. Secara operasional, gaya ini dapat ditentukan dengan menggantungkan benda

standar pada pegas di suatu tempat tertentu dimana tarikan bumi padanya didefinisikan sebagai gaya 1 pon. Jika benda dalam keadaan diam, tarikan bumi pada benda, yaitu beratnya  $W$ , diimbangi oleh tegangan pegas sehingga dalam hal ini  $T=W= 1$  pon. Sekarang pegas ini (atau pegas lain setelah ditera) dapat digunakan untuk menimbulkan gaya 1 pon pada benda lain; caranya adalah dengan mengikatkan benda tersebut pada pegas ini dan merentangkannya sepanjang rentangan gaya pon tadi. Benda dasar pon dapat dibandingkan dengan kilogram dan ternyata massanya adalah 0,45359237kg. Percepatan gravitasi ditempat tersebut besarnya 32.1740 kaki/s<sup>2</sup>. Pon gaya dapat ditentukan dari  $F=ma$  sebagai gaya yang mempercepat massa sebesar 0,45359237kg dengan percepatan sebesar 32,1740 kaki/s<sup>2</sup>.

Cara ini memungkinkan kita untuk membandingkan pon gaya dengan Newton. Dengan mengingat bahwa 32,1740 kaki/s<sup>2</sup> = 9,8066m/s<sup>2</sup>, kita peroleh

$$\begin{aligned} 1 \text{ pon} &= (0,45359237 \text{ kg}) (32,1740 \text{ kaki/s}^2) \\ &= (0,45359237 \text{ kg}) (9,8066\text{m/s}^2) \\ &= 4,45 \text{ N} \end{aligned}$$

Satuan massa dalam sistem BE dapat pula diturunkan; yaitu didefinisikan sebagai massa sebuah benda yang akan mendapat percepatan  $i$  kaki/s<sup>2</sup> bila dikerjakan gaya 1 pon padanya. Satuan massa ini disebut slug. Jadi dalam sistem ini

$$F [\text{pon}] = m [\text{slug}] \times a [\text{kaki/s}^2]$$

Resminya, pon adalah satuan massa, tetapi dalam

teknologi praktis pon sering digunakan sebagai satuan gaya atau berat. Karena itu lahirlah istilah pon massa dan pon gaya. Pon massa adalah benda bermassa 0,45359237kg; tidak ada benda standar yang disimpan untuk ini, tetapi, seperti halnya yard, pon massa didefinisikan melalui standar SI. Pon gaya adalah gaya yang menimbulkan percepatan gravitasi standar, 32,1740 kaki/s<sup>2</sup> pada standar pon. Nanti akan kita lihat bahwa percepatan gravitasi berbeda-beda, bergantung kepada jarak dari pusat bumi, karena itu “percepatan standar” diatas adalah harga pada jarak tertentu dari pusat bumi. (Sebagai pendekatan yang baik, dapat diambil suatu titik di permukaan laut pada lintang 45 derajat LU).

Tabel 6. Satuan-satuan dalam F=ma

Sitem satuan	Gaya	Massa	percepatan
SI	Newton (N)	Kg	m/s <sup>2</sup>
cgs	Dyne	g	Cm/s <sup>2</sup>
BE	Pound (Ib)	slug	Kaki/s <sup>2</sup>

Dimensi gaya sama dengan dimensi massa kali percepatan. Dalam sistem yang menggunakan massa, panjang dan waktu sebagai besaran dasar, dimensi gaya dalah massa x panjang/waktu<sup>2</sup>. Atau MLT<sup>2</sup>. Disini kita akan senantiasa menggunakan massa, panjang dan waktu sebagai besaran dasar mekanika

### 2.13 Cara statik untuk mengukur gaya

Gaya didefinisikan dengan mengukur percepatan yang ditimbulkan pada benda standar yang ditarik oleh pegas yang terentang. Cara ini disebut pengukuran gaya dengan cara dinamik. Walaupun cukup memadai untuk digunakan sebagai definisi, cara ini kurang praktis untuk dipakai dalam pengukuran gaya. Metode pengukuran gaya yang lain didasarkan atas pengukuran perubahan bentuk atau ukuran benda yang dikenai gaya (pegas, misalnya) dalam keadaan tanpa percepatan. Cara ini disebut sebagai cara statik untuk mengukur gaya.

Gaya metode statik ini menggunakan kenyataan bahwa jika suatu benda, yang dikenai beberapa gaya, tidak mengalami percepatan, maka jumlah vektor semua gaya yang bekerja padanya haruslah sama dengan nol. Ini tidak lain dari pada isi hukum gerak yang pertama. Sebuah gaya tunggal yang bekerja pada benda akan menimbulkan percepatan; percepatan ini dapat dibuat sama dengan nol jika ditambahkan gaya lain yang sama besar dan berlawanan arah. Pada kenyataannya benda diusahakan tetap dalam keadaan diam. Jika kemudian didefinisikan suatu gaya sebagai gaya satuan, maka berarti kita sedang mengukur gaya. Sebagai gaya satuan dapat diambil misalnya, tarikan bumi pada bumi standar di suatu tempat tertentu. Alat yang bisa digunakan untuk mengukur gaya dengan cara ini adalah neraca pegas. Neraca ini terdiri dari sebuah pegas-spiral dengan menunjuk skala pada salah satu ujungnya. Gaya yang dikenakan pada neraca

akan mengubah panjang pegas. Jika benda seberat 1,00 N digantungkan diujung pegas, pegas akan memanjang sampai tarikan pegas pada benda sama besar tetapi berlawanan arah. Pada tempat skala yang ditunjuk oleh penunjuk kita beri tanda “gaya 1,00 N” . Dengan cara yang sama, pada pegas neraca dapat digantungkan benda seberat 2,00 - N, 3,00-N dan seterusnya, dan kepada masing masing kita berikan tanda skala yang sesuai ditempat yang ditunjukkan penunjuk. Dengan cara inilah pegas tersebut ditera ( dikalibrasi) . Dianggap bahwa gaya yang bekerja pada pegas selalu sama jika penunjuk skala menunjuk tempat yang sama. Neraca yang telah ditera ini sekarang dapat digunakan bukan hanya untuk mengukur tarikan bumi pada suatu benda, tetapi juga untuk mengukur gaya lain yang tidak diketahui.

Secara diam-diam , hukum ketiga telah digunakan dalam secara statik ini, karena kita anggap bahwa, gaya yang dilakukan oleh pegas pada benda sama besar, dengan gaya yang dilakukan oleh benda pada pegas. Gaya yang disebut terakhir ini yang akan diukur. Hukum pertama jika digunakan disini, karena dianggap bahwa  $F = 0$  bila  $a = 0$  . Perlu diingatkan disini bahwa jika percepatan tidak sama dengan 0, rentangan pegas yang ditimbulkan oleh benda seberat  $w$  tidak akan sama dengan rentangan pada  $a = 0$ . Malah jika pegas dan benda  $w$  yang diikatkan itu jatuh bebas karena pengaruh gravitasi, sehingga  $a = g$ , pegas sama sekali tidak akan bertambah panjang dan tegangannya = 0.

## 2.14 Massa dan berat

Massa menunjukkan sifat *inersia* dari benda. Massa adalah apa yang dimiliki porselen dimeja ketika Anda menyentakkan taplak meja dari bawahnya. Lebih besar massa lebih besar gaya yang dibutuhkan untuk menimbulkan percepatan yang diinginkan; hal ini ditunjukkan dalam hukum kedua Newton  $\Sigma \mathbf{F} = m \mathbf{a}$ . Sebaliknya, berat adalah sebuah gaya yang bekerja pada sebuah benda sebuah tarikan oleh bumi atau benda besar lainnya. Pengalaman sehari-hari menunjukkan bahwa benda-benda yang memiliki massa besar juga memiliki berat yang besar. Sebuah batu yang besar sangat susah untuk dilemparkan karena massanya yang besar, dan susah untuk diangkat dari tanah karena beratnya yang besar. Dipermukaan bulan batu akan susah untuk dilempar kearah mendatar, tetapi akan mudah untuk diangkat. Jadi, apakah yang secara tepat dapat menghubungkan antara massa dan berat?

Jawaban untuk pertanyaan ini, sesuai dengan cerita, kembali ke Newton seperti pada saat dia duduk di bawah pohon apel dan memperhatikan apel jatuh. Benda yang jatuh bebas memiliki sebuah percepatan  $g$ , dan hukum kedua Newton, sebuah gaya harus bekerja untuk menghasilkan percepatan. Jika sebuah benda 1kg jatuh dengan percepatan  $9,8 \text{ m/s}^2$ , gaya yang dibutuhkan besarnya adalah

$$F=ma= (1\text{kg})(9,8\text{m/s}^2)=9,8\text{kg} \times \text{m/s}^2= 9,8 \text{ N.}$$

Tetapi gaya yang menyebabkan benda



mendapatkan percepatan kebawah adalah tarikan gravitasi dari bumi, yaitu berat benda. Setiap orang yang dekat dengan permukaan bumi yang memiliki massa 1kg pasti memiliki berat 9,8 N untuk mendapatkan percepatan seperti yang kita amati pada saat benda jatuh bebas. Lebih umum lagi, sebuah benda dengan massa  $m$  pasti memiliki berat yang besarnya  $w$  yaitu

$$w = mg \text{ (berat untuk sebuah benda dengan massa)}$$

Berat sebuah benda adalah sebuah gaya, sebuah besaran vektor, dan kita dapat menuliskan persamaan diatas sebagai persamaan vektor:

$$\mathbf{w} = m\mathbf{g}$$

Ingat bahwa  $g$  adalah besar dari  $g$ , percepatan dari gravitasi, jadi  $g$  selalu bersifat positif, sesuai definisinya dengan demikian,  $w$ , seperti pada persamaan diatas adalah besar dari berat dan selalu positif.

Sangat penting untuk memahami bahwa berat sebuah benda berlaku pada benda sepanjang waktu, meskipun sedang jatuh bebas atau tidak. Ketika pot bunga 10kg tergantung pada seutas rantai, pot dalam kesetimbangan, dan percepatannya adalah nol. Tetapi beratnya, seperti pada persamaan diatas, tetap menariknya kebawah. Pada kasus ini tali menarik pot keatas, menghasilkan sebuah gaya keatas. Jumlah vektor gaya-gaya adalah nol, dan pot dalam kesetimbangan.

### C. SIMPULAN

Gaya adalah sesuatu yang dapat merubah kondisi gerak benda, dapat merubah bentuk benda.

#### **Hukum I Newton**

Suatu benda akan diam atau bergerak lurus beraturan jika besar seluruh gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol.

$$\Sigma F = 0$$

#### **Hukum II Newton**

Jika besar gaya yang bekerja pada benda tidak nol, maka benda akan mengalami percepatan yang besarnya:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m}$$

Gaya berat suatu benda adalah massa benda itu yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi:

$$w = m g$$

Gaya aksi-reaksi adalah pasangan dua gaya yang besarnya sama, arahnya berlawanan dan merupakan hasil interaksi dua benda.



# IMPULS DAN MOMENTUM

## A. PENDAHULUAN

Dalam makalah ini akan kami bahas tentang besaran Impuls dan Momentum. Kedua besaran tersebut sangat berperan pada peristiwa interaksi antara dua benda atau lebih. Bahkan hukum II Newton yang berlaku lebih umum untuk dinyatakan dalam bentuk momentum,  $F = \Delta p / \Delta t$ . Impuls adalah besaran vektor yang arahnya sejajar dengan arah gaya dan menyebabkan perubahan momentum dan Momentum Linear adalah momentum yang dimiliki benda-benda yang bergerak pada lintasan lurus. Momentum suatu system tanpa gaya luar adalah kekal.

Hukum kekekalan momentum terutama bermanfaat untuk menyelesaikan masalah-masalah interaksi antara dua benda atau lebih, seperti pada tumbukan, ledakan, dan penembakan proyektil. Bahkan masalah tumbukan sering diselesaikan dengan menggunakan hukum kekekalan energi dan momentum secara bersamaan.

## B. URAIAN MATERI

### 2.1 Pengertian Impuls dan Momentum

#### a. Pengertian Impuls

Impuls didefinisikan sebagai besarnya perubahan momentum yang disebabkan oleh gaya yang terjadi pada waktu singkat,

Definisi lain dari impuls (diperoleh dari penurunan Hukum II Newton) adalah hasil kali antara gaya singkat yang bekerja pada benda dengan waktu kontak gaya pada benda (biasanya sangat kecil).

$$\mathbf{I} = \mathbf{F} \cdot \Delta t = \mathbf{F} (t_2 - t_1)$$

#### b. Pengertian Momentum

Momentum adalah ukuran kesukaan untuk memberhentikan suatu benda dan didefinisikan sebagai hasil kali Massa dengan Kecepatan. Momentum disebut juga dengan Pusa, sehingga dilambangkan dengan (P).

$$\mathbf{P} = m\mathbf{v}$$

Momentum suatu benda (P) yang bermassa  $m$  dan bergerak dengan kecepatan  $v$ , diartikan sebagai :

- $m$  (massa) = Besaran Skalar
- $v$  (kecepatan) = Besaran Vektor

Perkalian antara besaran skalar dengan besaran vector akan menghasilkan besaran vektor.

Jadi, momentum merupakan Besaran Vektor. Arah momentum juga searah dengan kecepatan.

## 2.2 Hubungan Momentum dengan Impuls

### a. Menurunkan hubungan Impuls dan Momentum

Apa yang menyebabkan suatu benda diam menjadi gerak? Anda telah mengetahuinya, yaitu gaya. Bola yang diam bergerak ketika gaya tendangan Anda bekerja pada bola. Gaya tendangan Anda pada bola termasuk gaya kontak yang bekerja dalam waktu yang singkat. Gaya seperti ini disebut gaya implusif. Jadi, gaya implusif mengawali suatu percepatan dan menyebabkan bola bergerak cepat dan makin cepat. Gaya implusif mulai dari nilai nol pada saat  $t$  min, bertambah nilainya secara cepat ke suatu nilai puncak, dan turun drastis secara cepat ke nol pada saat  $t$  maks.

$$\text{Impuls} = F \cdot \Delta t$$

Apakah impuls termasuk besaran skalar atau vektor? Impuls adalah hasil kali antara besaran vector gaya  $F$  dengan besaran scalar selang waktu  $t$ , sehingga impuls termasuk besaran vector. Arah impuls  $I$  searah dengan arah gaya implusif  $F$ . Impuls yang dikerjakan suatu benda sama perubahan momentum yang dialami benda itu, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya.

Hubungan kuantitatif antara impuls dan momentum diturunkan berikut ini. Misalnya  $m$  bola yang datang dengan kecepatan awal  $v_{aw}$  sesaat sebelum ditendang. Ketika bola ditendang (impuls bekerja), kecepatan akhir bola  $v_{ak}$ , sesuai dengan hukum II Newton, maka

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Karena percepatan rata-rata  $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{ak} - v_{aw}}{\Delta t}$ , maka

$$\bar{F} = m \left( \frac{v_{ak} - v_{aw}}{\Delta t} \right)$$

$$\bar{F} \Delta t = m v_{ak} - m v_{aw}$$

Bila  $m v_{ak}$  dan  $m v_{aw} = P_{aw}$ , persamaan diatas dapat kita tulis

### Hubungan Impuls – Momentum

$$\begin{aligned} \bar{F} \Delta t &= m v_{ak} - m v_{aw} \\ I &= \Delta p = P_{ak} - P_{aw} \end{aligned}$$

Dapat dinyatakan dengan kalimat berikut yang dikenal sebagai *teorema impuls - momentum*

*“Impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda itu, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya.”*

#### **b. Hukum II Newton dalam bentuk momentum**

Perhatikan persamaan  $I = \Delta p$ . Dari persamaan inilah Newton menurunkan hokum keduanya dalam bentuk momentum sebagai berikut.

$$I = \Delta p$$

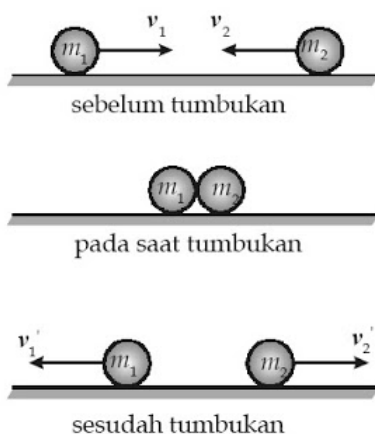
$$F \Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Hukum II Newton yang dinyatakan oleh  $F = m \cdot a$  hanya berlaku untuk massa benda *konstan*. Sedangkan Hukum II Newton yang dinyatakan oleh  $F = \Delta p / \Delta t$  berlaku *umum*, baik untuk massa benda tetap maupun berubah. Bahwa massa benda yang bergerak dengan kelajuan mendekati kelajuan cahaya  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  tidaklah konstan tetapi bergantung pada kelajuannya.

### 2.3 Hukum Kekekalan Momentum

Dua benda dapat saling bertumbukan, jika kedua benda bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  tersebut bergerak berlawanan arah dengan kecepatan masing-masing  $v_1$  dan  $v_2$ . Apabila sistem yang mengalami tumbukan itu tidak mendapatkan gaya luar, menurut Persamaan I=  $\Delta p$  diketahui bahwa apabila  $F = 0$  maka  $\Delta p = 0$  atau  $p = \text{konstan}$ . Dengan demikian, didapatkan bahwa jumlah momentum benda sebelum tumbukan akan sama dengan jumlah momentum benda setelah tumbukan. Hal ini disebut sebagai Hukum Kekekalan Momentum. Perhatikanlah gambar berikut



Gambar 3. Momentum



Sebelum tumbukan, kecepatan masing-masing adalah benda  $v_1$  dan  $v_2$ . Sesudah tumbukan, kecepatannya menjadi  $v'_1$  dan  $v'_2$ . Apabila  $F_{12}$  adalah gaya dari  $m_1$  yang dipakai untuk menumbuk  $m_2$ , dan  $F_{21}$  adalah gaya dari  $m_2$  yang dipakai untuk menumbuk  $m_1$  maka menurut Hukum III Newton diperoleh hubungan sebagai berikut:

$$F_{(\text{aksi})} = -F_{(\text{reaksi})} \text{ atau } F_{12} = -F_{21}$$

Jika kedua ruas persamaan dikalikan dengan selang waktu  $\Delta t$  maka selama tumbukan akan didapatkan:

$$\begin{aligned} F_{12}\Delta t &= -F_{21}\Delta t \\ \text{Impuls ke-1} &= -\text{Impuls ke-2} \\ (m_1v_1 - m_1v'_1) &= -(m_2v_2 - m_2v'_2) \\ m_1v_1 - m_1v'_1 &= -m_2v_2 + m_2v'_2 \quad \dots\dots\dots(a) \end{aligned}$$

Apabila Persamaan (a) dikelompokkan berdasarkan kecepatannya, persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$m_1v_1 - m_1v'_1 = -m_2v_2 + m_2v'_2$$

## 2.4 Tumbukan

Tumbukan antar benda merupakan peristiwa yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari – hari. Kita dapat menganalisis tumbukan berdasarkan hukum kekekalan momentum dan kekekalan energi. Tumbukan ada tiga macam :

### 1. Tumbukan Lenting Sempurna

Ada dua benda yang bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  yang sedang bergerak saling mendekat dengan kecepatan  $v_1$  dan  $v_2$  sepanjang satu garis lurus. Keduanya bertumbukan *lenting sempurna* dan kecepatan masing-masing sesudah

tumbukan adalah  $v_1'$  dan  $v_2'$ . Perhatikan kecepatan positif atau negatif bergantung pada apakah benda-benda bergerak ke kanan atau ke kiri. Hukum kekekalan momentum memberikan

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2' \dots\dots\dots (*)$$

persamaan (\*) memberikan hubungan antara kedua kecepatan  $v_1'$  dan  $v_2'$  dapat diketahui (diandaikan kecepatan sebelum tumbukan  $v_1$  dan  $v_2$  diketahui). Untuk menentukan kecepatan yang tidak diketahui ini, kita memerlukan satu buah persamaan lagi yang menghubungkan  $v_1'$  dan  $v_2'$ .

Untuk tumbukan *lenting sempurna* berlaku hukum kekekalan energy kinetic, yaitu energy kinetic sistem sesaat sebelum dan sesudah tumbukan sama besar.

$$EK_1 + EK_2 = EK_1' + EK_2'$$

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1(v_1')^2 + \frac{1}{2}m_2(v_2')^2 \quad (**)$$

Persamaan (\*) dan (\*\*) cukup untuk menentukan kecepatan  $v_1'$  dan  $v_2'$  namun, bentuk *kuadrat* pada persamaan (\*\*) memberikan *kesulitan* aljabar dalam perhitungan. Jika anda oleh persamaan (\*) dan (\*\*) kemudian anda gabung, akan anda peroleh persamaan berikut.

$$\Delta v_1' = -\Delta v$$

$$v_2' - v_1' = -(v_2 - v_1)$$

$\Delta v = v_2 - v_1$  adalah kecepatan relative benda 2 dilihat oleh benda 1 sesaat sebelum tumbukan, sedangkan  $\Delta v' = v_2' - v_1'$  adalah kecepatan relative benda 2 dilihat oleh benda 1 sesaat sesudah tumbukan. Jadi, persamaan diatas dapat kita nyatakan sebagai berikut

*“Untuk tumbukan lenting sempurna, kecepatan relative sesaat sesudah tumbukan sama dengan minus kecepatan relative sesaat sebelum tumbukan.”*

## 2. Tumbukan Tidak Lenting Sama sekali

Ada segumpal tanah liat menuju sebuah bola biliar yang diam di atas lantai licin. Kemudian gumpalan tanah liat menumbuk sentral bola biliar dan sesaat sesudah tumbukan, tanah liat menempel pada bola biliar dan keduanya kemudian bergerak bersama dengan kecepatan sama. Dapat dinyatakan bahwa *pada jenis tumbukan tidak lenting sama sekali, sesaat setelah tumbukan kedua benda bersatu dan bergerak bersama dengan kecepatan yang sama.*

Karena pada tumbukan tak lenting sama sekali kedua benda bersatu sesudah tumbukan, maka berlaku hubungan kecepatan sesudah tumbukan sebagai

$$v_2' = v_1' = v'$$

Demi mempersingkat penyelesaiannya, kita dapat menggabungkan keduanya untuk mendapatkan persamaan berikut.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

### 3. Koefisien Restitusi untuk Tumbukan Satu Dimensi

Tumbukan lenting sempurna dan tumbukan tak lenting sama sekali adalah dua kasus yang ekstrem. Pada umumnya, sebagian besar tumbukan berada diantara kedua ekstrem tersebut. Tumbukan itu disebut tumbukan lenting sebagian. Sebagai contoh, bola tenis atau bola kasti yang anda lepas dari ketinggian  $h_1$  diatas lantai akan terpentil setinggi  $h_2$ , dimana  $h_2$  selalu lebih kecil daripada  $h_1$ . Untuk menjelaskan jenis tumbukan lenting sebagian, anda perlu mengenal dahulu koefisien restitusi.

Sewaktu membahas tumbukan lenting sempurna, pada persamaan

$$\Delta v'_1 = -\Delta v$$

$$\text{atau}$$
$$\frac{-\Delta v'}{\Delta v} = 1$$

Rasio  $-\Delta v'/\Delta v$  inilah yang didefinisikan sebagai koefisien restitusi.

*“koefisien restitusi (diberi lambang  $e$ ) adalah negative perbandingan antara kecepatan relative sesaat sesudah tumbukan dengan kecepatan sesaat sebelum tumbukan, untuk tumbukan satu dimensi.”*

$$e = \frac{-\Delta v'}{\Delta v} = \frac{-(v'_2 - v'_1)}{v_2 - v_1}$$

## 1.5 Penerapan Momentum dan Impuls dalam Kehidupan Sehari-hari

### a) Peluncuran Roket

Sebuah roket diluncurkan vertikal ke atas menuju atmosfer Bumi. Hal ini dapat dilakukan karena adanya

gaya dorong dari mesin roket yang bekerja berdasarkan perubahan momentum yang diberikan oleh roket. Pada saat roket sedang bergerak, akan berlaku hukum kekekalan momentum. Pada saat roket belum dinyalakan, momentum roket adalah nol. Apabila bahan bakar di dalamnya telah dinyalakan, pancaran gas mendapatkan momentum yang arahnya ke bawah. Oleh karena momentum bersifat kekal, roket pun akan mendapatkan momentum yang arahnya berlawanan dengan arah buang bersifat gas roket tersebut dan besarnya sama. Secara matematis gaya dorong pada roket dinyatakan dalam hubungan berikut.

$$F\Delta t = \Delta(mv)$$

$$F = v(\Delta m / \Delta t)$$

dengan:  $F$  = gaya dorong roket (N),  $(\Delta m / \Delta t)$  = perubahan massa roket terhadap waktu (kg/s), dan  $v$  = kecepatan roket (m/s).

**b) Air Safety Bag (kantong udara)**

Air Safety Bag (kantong udara) digunakan untuk memperkecil gaya akibat tumbukan yang terjadi pada saat tabrakan. Kantong udara tersebut dipasangkan pada mobil serta dirancang untuk keluar dan mengembang secara otomatis saat tabrakan terjadi. Kantong udara ini mampu meminimalkan efek gaya terhadap benda yang bertumbukan. Prinsip kerjanya adalah memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan momentum pengemudi. Saat tabrakan terjadi, pengemudi cenderung untuk tetap bergerak sesuai dengan kecepatan gerak mobil. Gerakan ini akan membuatnya menabrak kaca depan mobil

yang mengeluarkan gaya sangat besar untuk menghentikan momentum pengemudi dalam waktu sangat singkat. Apabila pengemudi menumbuk kantong udara, waktu yang digunakan untuk menghentikan momentum pengemudi akan lebih lama sehingga gaya yang ditimbulkan pada pengemudi akan mengecil. Dengan demikian, keselamatan si pengemudi akan lebih terjamin.

**c. Desain Mobil**

Desain mobil dirancang untuk mengurangi besarnya gaya yang timbul akibat tabrakan. Caranya dengan membuat bagian-bagian pada badan mobil agar dapat menggumpal sehingga mobil yang bertabrakan tidak saling terpental satu dengan lainnya. Mengapa demikian? Apabila mobil yang bertabrakan saling terpental, pada mobil tersebut terjadi perubahan momentum dan impuls yang sangat besar sehingga membahayakan keselamatan jiwa penumpangnya. Daerah penggumpalan pada badan mobil atau bagian badan mobil yang dapat penyok akan memperkecil pengaruh gaya akibat tumbukan yang dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan momentum mobil dan menjaga agar mobil tidak saling terpental. Rancangan badan mobil yang memiliki daerah penggumpalan atau penyok tersebut akan mengurangi bahaya akibat tabrakan pada penumpang mobil. Beberapa aplikasi Hukum Kekekalan Momentum lainnya adalah bola baja yang diayunkan dengan rantai untuk menghancurkan dinding tembok

### C. SIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa momentum didefinisikan sebagai hasil perkalian antara massa dengan kecepatannya, impuls didefinisikan sebagai hasil kali gaya dengan selang waktu kerja gayanya.

Hukum kekekalan momentum suatu benda dapat diturunkan dari persamaan hukum kekekalan energi mekanik suatu benda tersebut.

Apabila dua buah benda bertemu dengan kecepatan relatif maka benda tersebut akan bertumbukan dan tumbukan umumnya dibedakan menjadi dua yaitu lenting sempurna dan tak lenting.

Tumbukan elastis sempurna, yaitu tumbukan yang tak mengalami perubahan energy dan memiliki koefisien restitusi  $e = 1$ . Tumbukan elastis sebagian, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik sebab ada sebagian energi yang diubah dalam bentuk lain, misalnya panas dan memiliki koefisien restitusi  $0 < e < 1$ . Tumbukan tidak elastis, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik dan kedua benda setelah tumbukan melekat dan bergerak bersama-sama dan memiliki koefisien restitusi  $e = 0$

# **USAHA DAN ENERGI**

## **A. PENDAHULUAN**

Masalah Dalam fisika, energi adalah sebuah kuantitas yang secara tidak langsung diamati. Hal ini sering dipahami sebagai kemampuan suatu energi fisik untuk melakukan pekerjaan pada energi fisik lainnya. Karena pekerjaan didefinisikan sebagai kekuatan yang bertindak melalui jarak (panjang ruang), energi selalu setara dengan kemampuan mengerahkan menarik atau mendorong melawan kekuatan dasar alam, sepanjang jalan panjang tertentu.

Total energi yang terkandung dalam suatu objek diidentifikasi dengan massanya, dan energi (seperti massa), tidak dapat diciptakan atau dihancurkan. Ketika materi (partikel materi biasa) diubah menjadi energi (seperti energi gerak atau menjadi radiasi), massa dari energi tidak berubah melalui proses transformasi. Namun, mungkin ada batas mekanistik untuk berapa banyak materi di sebuah benda dapat diubah menjadi jenis energi lainnya dan dengan demikian ke dalam pekerjaan, pada energi lainnya. Energi, seperti massa, adalah kuantitas energi fisik. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI), energi diukur dalam joule, tetapi dalam berbagai bidang unit



lain, seperti kilowatt-jam dan kilokalori, yang adat.

Semua unit-unit menerjemahkan ke unit kerja, yang selalu didefinisikan dalam hal kekuatan dan jarak yang kekuatan bertindak melalui perantara. Sebuah energi dapat mentransfer energi ke energi lain dengan hanya mentransfer materi untuk itu (karena materi adalah setara dengan energi, sesuai dengan massanya). Namun, ketika energi ditransfer dengan cara selain materi-transfer, transfer menghasilkan perubahan dalam energi kedua, sebagai hasil kerja yang dilakukan di atasnya. Pekerjaan ini memanifestasikan dirinya sebagai efek dari kekuatan ( $s$ ) diterapkan melalui jarak dalam energi target. Sebagai contoh, energi dapat memancarkan energi yang lain dengan mentransfer (memancarkan) energi elektromagnetik, tapi ini menciptakan tenaga pada partikel yang menyerap radiasi.

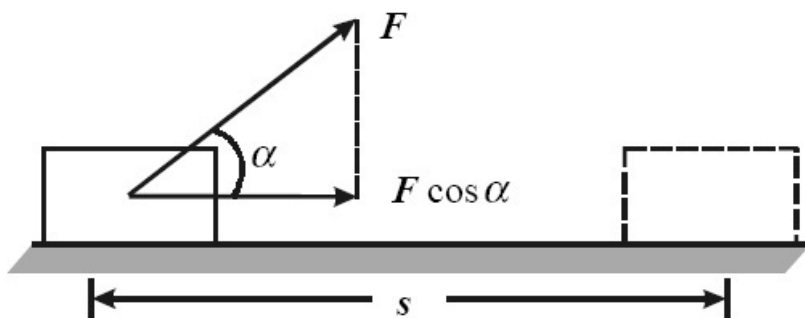
## B. URAIAN MATERI

### 2.1 Pengertian Usaha

Kata “usaha” atau “kerja” memiliki arti dalam percakapan sehari-hari. Namun dalam fisika, memiliki arti khusus, untuk mendeskripsikan bagaimana dikerahkannya gaya pada benda, hingga benda berpindah. Usaha yang dilakukan pada sebuah benda oleh gaya tetap,  $F$ , (baik besar maupun arahnya) didefinisikan sebagai hasil kali besar perpindahan,  $s$ , dengan komponen gaya yang sejajar dengan perpindahan itu. Dalam bentuk persamaan, kita dapat menulis.

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

Dengan  $\theta$  adalah sudut antara arah gaya dengan perpindahan. Faktor  $\cos \theta$  pada persamaan diatas dapat diperoleh dengan memperhatikan gambar ini :



Gambar 3. Usaha yang dilakukan oleh gaya  $F$

Usaha merupakan besaran skalar. Usaha hanya mempunyai besar, karena tidak mempunyai arah seperti besaran vektor, usaha lebih mudah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Pertama kita tinjau kasus gerak dan gaya yang berarah sama, sehingga  $\theta = 0$ , dan  $\cos \theta = 1$ . Maka usaha adalah  $W = F \cdot s$ . sebagai contoh, jika anda mendorong gerobak ke arah horizontal dengan gaya 60 N, sehingga gerobak berpindah sejauh 50 m, anda melakukan usaha 60 N x 50 m = 3000 N.m terhadap gerobak.

Seperti yang telah kita lihat, dalam SI , usaha diukur dalam N.m. nama khusus untuk satuan ini adalah **joule** ( J ). 1 J = 1 N.m . dalam sistem cgs, usaha diukur dalam satuan **erg**, dan 1 erg = 1 dyne.cm.

Gaya yang dikerahkan pada sebuah benda belum tentu menghasilkan usaha. Sebagai contoh, jika anda mendorong

tembok, anda tidak melakukan usaha terhadap tembok tersebut. Karena tembok tidak bergerak ( $s = 0$ ), maka  $W = 0$ . Anda juga tidak melakukan usaha jika anda memindahkan benda dengan mendukung atau memondong benda itu (gaya anda vertikal ke atas) dan anda berjalan horizontal, hal ini terjadi karena  $\theta = 90^\circ$  sehingga  $\cos \theta = \cos 90^\circ = 0$

## 2.2 Pengertian Energi

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mendengar istilah energi, apa yang dimaksud dengan energi? Apakah yang anda rasakan setelah mengayuh sepeda di jalan tanjakan? Mengapa demikian?. Energi apa yang tersimpan pada buah kelapa yang berada diatas pohon?. Terhadap pertanyaan-pertanyaan tersebut, secara sepintas kita sering berpikir bahwa energi adalah kekuatan. Setelah kita mengayuh sepeda di jalan tanjakan kita akan merasa kelelahan, karena tenaga kita berkurang.

Buah kelapa yang masih dipohon tidak memiliki energi, karena buah itu diam atau tidak bergerak. Semua gagasan tersebut ternyata salah konsepsi. Pada bagian berikut akan dibahas mengenai konsep-konsep energi, bentuk-bentuk energi, dan perubahan bentuk energi. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Sebuah benda dapat dikatakan mempunyai energi bila benda itu menghasilkan gaya yang dapat melakukan usaha. Dalam kegiatan sehari-hari kita sering mendengar istilah energi atau tenaga yang merupakan suatu besaran turunan yang memiliki satuan joule.

Menurut para ahli sains, energi didefinisikan sebagai kemampuan melakukan usaha. Setiap energi pasti mengalami perubahan, dengan demikian setiap materi mengandung dan terkait dengan energi. Bila materi berubah akan disertai perubahan energi, maka energi adalah sesuatu yang menyertai perubahan materi. Jika energi yang dikandung materi sebelum perubahan lebih besar dari sesudahnya, maka akan keluar sejumlah energi dan peristiwa tersebut disebut eksotermik. Sebaliknya jika energi materi sebelum perubahan lebih kecil dari sesudahnya, maka akan diserap sejumlah energi dan peristiwa itu disebut endotermik. Energi berasal dari suatu sumber energi, energi panas bisa berasal dari matahari, api, nyala lilin. Matahari merupakan sumber energi yang paling utama bagi kehidupan di bumi. Misalnya, matahari (energi cahaya) berperan pada pembuatan makanan bagi kehidupan makhluk hidup lainnya.

### **2.3 Bentuk-bentuk Energi**

Di alam ini tidak ada makhluk yang dapat menciptakan dan memusnahkan energi, atau dengan kata populernya “energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan dan energi bisa berubah dari bentuk satu ke bentuk yang lainnya”. Ini merupakan bunyi hukum kekekalan energi. Yang terjadi di alam hanya perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya.

Perubahan yang menyertai materi sebenarnya menjelaskan esensi energi sebagai kemampuan melakukan kerja atau usaha. Melakukan usaha artinya melakukan perubahan antara lain perubahan posisi, perubahan bentuk, perubahan ukuran, perubahan suhu, perubahan gerak, perubahan wujud,

dan perubahan struktur kimia.

Pada dasarnya ada 2 macam bentuk energi, yaitu energi potensial dan energi kinetik. Kedua energi tersebut merupakan energi mekanik. Namun, ada juga yang memiliki sumber berbeda.

### 1. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda yang bergerak. Besarnya energi kinetik suatu benda bergantung pada massa dan kecepatan benda- benda tersebut. Benda bermassa  $m$  bergerak horizontal dengan kecepatan, maka Energi kinetik benda dirumuskan :

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Keterangan:

- $E_k$  : Energi kinetik (J)
- $M$  : massa benda (kg)
- $v$  : kecepatan benda (m/s)

### Energi Kinetik Pegas

$$E_k = \frac{1}{2} \times k \times x^2$$

Keterangan:

- $E_k$ : Energi kinetik pegas (J)
- $k$  : konstanta pegas (N/m<sup>2</sup>)
- $x$  : perpanjangan pegas (m)

## 2. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda karena memiliki ketinggian tertentu dari tanah. Energi potensial ada karena adanya gravitasi bumi. Besarnya energi potensial bergantung pada massa dan ketinggian. Dapat dirumuskan sebagai:

$$E_p = m \times g \times h$$

Keterangan :

- $E_p$  : Energi potensial (J)
- $m$  : massa benda (kg)
- $g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $h$  : tinggi benda dari permukaan tanah (meter)

Energi Potensial  $m \times h$  Benda dari ketinggian  $h$  dari permukaan bumi Energi potensial gravitasi adalah energi yang dikandung suatu materi berdasarkan tinggi rendahnya kedudukannya.

Selain energi potensial gravitasi juga dikenal energi potensial pegas. Energi ini dimiliki oleh benda yang dapat melentur seperti pegas atau busur panah.

Pegas dan busur panah harta benda sejenis akan memiliki energi potensial jika benda itu direntangkan atau dicitukan. Jika sebuah pegas diregangkan oleh gaya  $F$  sejauh  $X$ , maka pegas tersebut akan memiliki energi potensial sebesar :

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2$$

Keterangan :

F = gaya pegas (N)

k = konstanta pegas (N/m)

x = pertambahan panjang pegas (m)

Energi potensial baik pada grafitasi maupun energi potensial pegas, perubahan energi potensial suatu benda selalu terkait dengan perubahan posisi (gerak) benda.

Energi mekanik adalah jumlah dari energi potensial dan energi kinetik.

$$E_m = E_p + E_k$$

Jumlah energi kinetik dan energi potensial yang dimiliki suatu benda pada suatu saat disebut energi mekanik ( $E_m$ ). Bagi suatu benda, setiap saat berlaku hukum kekekalan energi mekanik  $E_k + E_p = \text{konstan}$ . Artinya, jika benda mengalami kenaikan salah satu energi dari komponene energi mekanik ( $E_k$  atau  $E_p$ ) maka komponen lainnya mengalami penurunan.

Contoh, jika benda dilempar vertikal, benda setiap saat mengalami penurunan energi kinetik maka pada saat yang sama benda tersebut mengalami penambahan (kenaikan) energi potensial.

### 3. Energi Mekanik

Energi mekanik juga dapat dinyatakan dengan perubahan posisi benda karena pengaruh gaya (tarikan atau dorongan) Menggeser benda sejauh  $s$  dengan gaya  $F$  Benda berupa balok ditarik oleh gaya  $F$  sebagaimana nampak pada gambar hingga sejauh  $s$ . Energi yang digunakan untuk usaha menggeser benda sejauh  $s$  dengan gaya sebesar  $F$  adalah  $W=F.s$ . Dimana  $F$  adalah komponen gaya yang sejajar dengan arah perpindahan benda ( $s$ ). Jika arah gaya  $F$  membentuk sudut  $\alpha$  dengan arah perpindahan ( $s$ ) maka  $W = F \cos \alpha.s$

4. Energi Panas ( Kalor) Kalor adalah energi yang diteri oleh sebuah benda sehingga suatu benda itu naik atau energi yang dilepaskan oleh suatu benda sehingga suhu benda itu turun atau wujud benda berubah. Satuan energi untuk kalor biasanya dinyatakan dalam kalori. Satu kalori adalah banyaknya kalor diperlukan untuk memanaskan air 1 gram sehingga naik 10 C, satu kilo kalori ialah banyaknya kalor yang diperlukan untuk memanaskan air 1 kilogram (kg) sehingga suhu naik 10 C.

- a. Kalor jenis dan kapasitas kalor Banyaknya kalor yang diterima oleh benda yang dipanaskan sebanding dengna massa benda dan sebanding dengan turinannya suhu benda.

Dengan demikian jika  $Q$  menyatakan kalor yang diperlukan oleh  $m$  gram benda suhunya naik  $\Delta t$  maka:  
 $Q = m.c. \Delta t$  Dengan :  $Q$  = kalor yang diperlukan (kalor)  $M$  = massa benda (gram)  $c$  = kalor jenis



benda (kalori-1 . 0 C-1 .)  $\Delta t =$  Selisih/perubahan suhu (0 C) Dari rumus di atas dapat memahami bahwa kalor jenis suatu zat adalah kalor yang di[perlukan untuk menaikkan suhu 1 zat tersebut setinggi 1 derajat Celcius. Adapun kapasitas kalor (H) adalah banyaknya kalor yang diperlukan oleh m gram benda sehingga suhu naik 10 C. Secara matematika dapat ditulis dalam bentuk rumus:  $H = Q/\Delta t$  atau  $H = m.c$

b. Azas Black Pengukuran jumlah kalor yang dilepaskan dan diterima ketika dua benda yang suhunya berbeda bercampur:

1. Jika dua benda saling bercampur, maka benda yang panas akan memberikan kalor kepada benda yang dingin, sehingga suhu kedua benda itu sama.
2. Jumlah kalor yang diserap oleh benda yang dingin, sama dengan jumlah kalor yang dilepaskan oleh benda yang panas.
3. Sebuah benda yang didinginkan akan melepaskan kalor yang sama banyaknya dengan kalor yang diserapnya, jika benda itu dipanaskan. Dari hal di atas dapat disimpulkan bahwa prinsip dasar Azas Black adalah:kalor yang diterima sama dengan dengan kalor yang dilepaskan.
4. Energi Cahaya Energi cahaya adalah energi yang dimiliki oleh gerakan foton dalam bentuk gelombang elektromagnetik.
5. Gelombang cahaya mempunyai frekuensi dan panjang gelombang tertentu, dengan kecepatan yang sama. Makin besar nilai  $= c$  u l  $E_c =$  energi cahaya (J)  $h =$  tetapan planck

( $6.626 \times 10^{-34}$  Js)

6. Energi Listrik Energi listrik adalah energi yang diakibatkan oleh gerakan partikel bermuatan dalam suatu media (konduktor), karena adanya beda potensial antara kedua ujung konduktor. Besarnya energi listrik bergantung pada beda potensial dan jumlah muatan yang mengalir.  $W = q \cdot E$   
Dengan:  $W$  = energi listrik (J)  $q$  = muatan yang mengalir (C)  $E$  = beda potensial listrik (V)
7. Energi Kimia Energi kimia adalah energi yang dikandung suatu senyawa dalam bentuk energi ikatan antara atom-atomnya. Besarnya energi bergantung pada jenis dan jumlah pereaksi serta suhu dan tekanan. Contoh penggunaan energi kimia yaitu pada aki motor
8. Energi Nuklir Energi nuklir adalah energi yang terkandung dalam inti atom. Energi nuklir akan keluar bila suatu inti akan berubah menjadi inti lain. Besarnya energi  $u = \text{panjang gelombang}$  Menurut Planck, energi cahaya bergantung pada frekuensinya.  $E_c = h \cdot f$  = frekuensi (Hz)  $c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )  $u$  panjang gelombang maka makin kecil frekuensi dan sebaliknya. Bila ditulis dengan rumus seperti berikut ini: Dengan : nuklir bergantung pada jenis dan jumlah inti. Contoh penggunaan energi nuklir yaitu pada PLTN

## 2.4 Hubungan antara Usaha dan Energi

Energi adalah kemampuan melakukan usaha. Definisi tersebut menunjukkan bahwa usaha memiliki kaitan yang erat dengan energi. Ketika gaya melakukan usaha pada sebuah

benda maka akan terjadi perubahan energi pada benda tersebut.

Usaha yang dilakukan pada sebuah benda yang bergerak horisontal menyebabkan perubahan energi kinetik. Dengan demikian, besarnya usaha sama dengan perubahan energi kinetik benda. Secara matematis ditulis sebagai berikut:  $W = W = Ek_2 - Ek_1$  Dengan:  $W =$  usaha (J)  $Ek =$  perubahan energi kinetik (J)  $Ek_2 =$  energi kinetik akhir (J)  $Ek_1 =$  energi kinetik awal (J) Ketika anda mengangkat sebuah balok, kamu akan memberikan gaya dorong terhadap balok. Ini berarti kamu telah melakukan usaha yang menyebabkan benda  $Ek$  &  $Ep =$  perubahan energi potensial (J)  $Ep_1 =$  energi potensial awal (J)  $Ep_2 =$  energi potensial akhir (J) Contoh soal: Sebuah benda massanya 20 kg bergerak dengan kelajuan 10 m/s dalam waktu 4 sekon, kelajuannya berubah menjadi 15 m/s. Jarak yang ditempuh benda tersebut adalah 100m.

Tentukan usaha yang dilakukan benda tersebut!  
Penyelesaian Diketahui:  $m = 20 \text{ kg}$   $v_1 = 10 \text{ m/s}$   $v_2 = 15 \text{ m/s}$   
Ditanya:  $W = \dots?$  Jawab  $W = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} \cdot 20 (15^2 - 10^2) = 10 (225 - 100) = 10 \cdot 125 = 1.250 \text{ J}$  Jadi, usaha benda tersebut adalah 1.250J & D13 tersebut mengalami perubahan energi potensial. Secara matematis, dapat ditulis persamaannya sebagai berikut:  $W = Ep$   $W = Ep_2 - Ep_1$   $W = m \cdot g (h_2 - h_1)$  Dengan:  $W =$  usaha (J)

### C. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Sebuah benda dapat dikatakan mempunyai energi apabila benda itu menghasilkan gaya yang dapat melakukan usaha atau kerja. Ada beberapa bentuk energi diantaranya:
  - a. Energi Kinetik
  - b. Energi Potensial
  - c. Energi Panas ( Kalor)
  - d. Energi Cahaya
  - e. Energi Listrik
  - f. Energi Kimia
  - g. Energi Nuklir
2. Usaha dihasilkan oleh gaya yang dikerjakan pada suatu benda sehingga benda itu berpindah tempat dan usaha tidak terlepas dari gaya dan perpindahan.
3. Ketika gaya melakukan usaha pada sebuah benda maka akan terjadi perubahan energi pada benda tersebut. Usaha yang dilakukan pada sebuah benda yang bergerak horisontal menyebabkan perubahan energi kinetik.
4. Usaha dapat didefinisikan sebagai perubahan energi. Jika perubahan energi ini diukur setiap satu sekon, akan didapatkan sebuah besaran baru yaitu perubahan usaha setiap satu sekon.



# **PESAWAT SEDERHANA**

## **A. PENDAHULUAN**

Pesawat sederhana adalah segala jenis perangkat yang hanya membutuhkan satu gaya untuk bekerja. yang contohnya banyak sekali disekitar kita seperti: bidang miring, tuas, katrol dan roda gigi.

Setiap hari kamu pasti selalu melakukan usaha. Ada yang mudah dan ada pula yang sulit. Oleh karena itu, kadang-kadang kamu memerlukan suatu alat sederhana yang dapat membantumu melakukan usaha. Alat itu disebut dengan pesawat sederhana. Misalnya, kamu akan menancapkan paku kayu, tentu akan sulit tanpa palu. Pesawat sederhana banyak sekali jenisnya dan semua di buat untuk memudahkan kamu melakukan usaha. Prinsip kerja pesawat sederhana dikelompokkan menjadi beberapa bagian, diantaranya tuas, katrol dan bidang miring.

Pada tubuh manusia berlaku prinsip-prinsip Kerja pesawat sederhana. Prinsip-prinsip tersebut kemudian ditiru dan dimodifikasi untuk mendesain berbagai macam peralatan yang memudahkan kerja manusia. Ketika kerja dipermudah, artinya energi yang dikeluarkan lebih sedikit. Energi dan kerja (usaha) dinyatakan dalam satuan Joule (Newton meter). kerja atau usaha didefinisikan sebagai hasil kali dari gaya dengan

jarak., sehingga dapat dituliskan dengan rumus berikut.

$$W = F.S$$

Di mana       $W =$  Usaha (Joule)  
                   $F =$  Gaya (Newton)  
                   $S =$  Jarak (Meter)

Usaha dapat bernilai nol apabila gaya yang dikerjakan pada benda tidak mengakibatkan perpindahan tempat. Besarnya usaha yang dilakukan persatuan waktu disebut dengan daya atau power (P). Daya secara matematis dituliskan sebagai berikut.

Di mana       $P =$  Daya (Watt)  
                   $W =$  Usaha (Newton)  
                   $t =$  Waktu (Sekon)

Pada saat melakukan aktivitas, manusia selalu berupaya untuk melakukannya dengan usaha dan daya yang sekecil-kecilnya. Oleh karena itu, manusia menggunakan pesawat sederhana untuk membantu melakukan aktivitasnya. Dalam melakukan usaha. Akan lebih mudah jika menggunakan alat. Misalnya untuk memindahkan beban yang berat ke atas truk akan lebih mudah jika menggunakan bidang miring daripada diangkat secara langsung; untuk mencabut paku pada kayu akan lebih mudah jika menggunakan alat pencabut daripada dicabut secara langsung ; untuk menimba air dari sumur akan lebih mudah jika menggunakan katrol daripada menimba secara langsung. Alat-alat yang dapat digunakan untuk memudahkan usaha seperti contoh di atas dinamakan **pesawat**. Mesin-mesin yang digunakan di pabrik-pabrik juga termasuk pesawat (pesawat rumit).

## **Manfaat pesawat sederhana**

1. Mempermudah pekerjaan manusia
2. Energi yang kita keluarkan juga dapat dihemat,
3. Waktunya jadi lebih singkat.
4. Untuk mengubah arah gaya

## **Macam-macam pesawat sederhana**

Macam -macam pesawat sederhana antara lain sebagai berikut ini :

1. Tuas/pengungkit
2. Katrol tunggal tetap dan katrol tunggal bergerak
3. Bidang miring dan roda bergigi (gir)

## **Kesimpulannya, Apakah Pesawat Sederhana Itu?**

Ibumu hendak membuka tutup kaleng biskuit yang baru dibeli. Dapatkah kamu membantu ibu membuka tutupkaleng itu langsung dengan tanganmu? Jika tutup kaleng rapat maka sangat sukar bagimu untuk membukanya. Sekarang ambil sebuah sendok makan logam, doronglah bagian cekung sendok ke bawah dan cunghillah tutup kaleng tersebut ( Gambar 2.33 ). Ternyata dengan bantuan sendok kamu dapat membuka tutup kaleng dengan mudah. Nah, setiap alat yang mempermudah kita melakukan usaha disebut *pesawat* (atau *mesin*).

Ketika mendengar kata pesawat mungkin kamu segera membayangkan pesawat modern di sekitarmu, seperti televisi, komputer, mobil, pesawat terbang, dan robot. Pesawat modern seperti ini tergolong sebagai pesawat rumit. Pesawat rumit merupakan gabungan dari beberapa pesawat sederhana.

Pada dasarnya, ada *empat* macam pesawat sederhana, yaitu tuas, katrol, bidang miring, dan roda gigi.



## B. URAIAN MATERI

### 2.1 TUAS

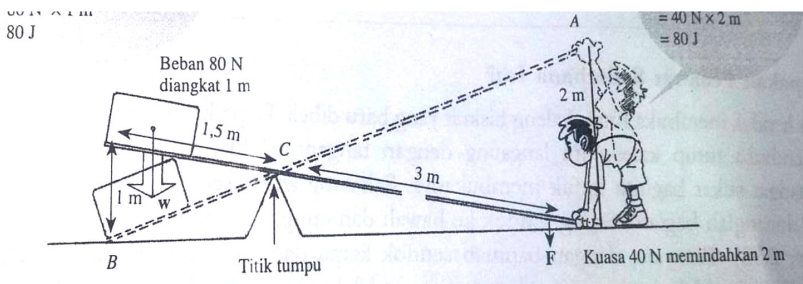
Dalam membahas tuas, kita mengenal istilah titik beban, titik kuasa, titik tumpu, lengan beban, dan lengan kuasa. **Titik beban** adalah titik tempat beban diletakkan ; **titik kuasa** adalah titik tempat kuasa (gaya) bekerja ; **titik tumpu** adalah titik tempat tuas bertumpu. Jarak titik beban sampai titik tumpu disebut **lengan beban**, sedangkan jarak titik kuasa sampai titik tumpu disebut **lengan kuasa**.

Tuas atau pengungkit berupa batang panjang yang keras. Tuas merupakan pesawat paling sederhana yang seringdigunakan, contohnya linggis dan tongkat. Dengan tuas, beban yang berat dapat dipindahkan lebih mudah. Artinya, beban seberat  $w$  dapat dipindahkan dengan gaya kurang dari  $w$ , tergantung panjang lengan kuasa ( $\ell_f$ ) dan lengan bebannya ( $\ell_w$ ).

Sendok makan yang kamu gunakan untuk memudahkanmu membuka tutup kaleng biskuit termasuk sebuah tuas ( istilah lain adalah pengungkit ). *tuas adalah pesawat sederhana yang terbentuk batang keras sempit yang dapat berputar di sekitar satu titik.* Titik ini disebut **titik tumpu** ( istilah lainnya adalah *fulkrum* ).

Contoh tuas yang paling banyak dikenal adalah **linggis**. Linggis berbentuk satu batang besi ( atau baja ) yang digunakan untuk memudahkan menggeser suatu benda berat yang secara langsung sukar digeser oleh gaya otot manusia.

Bagaimana cara tuas mempermudah kamu melakukan usaha? Untuk memahaminya, perhatikan ilustrasi pada gambar 4 secara saksama. Titik C adalah *titik tumpu*. Titik A di mana kamu mengerahkan gaya ototmu untuk menekan linggis ke bawah disebut *titik kuasa*. Gaya tekan otot yang kamu kerjakan, yaitu **F**, disebut *kuasa*. Titik B di mana berat batu besar menekan disebut *titik beban*. Berat batu yang kamu angkat, yaitu **W**, disebut *beban*. Jarak titik beban ke titik tumpu, yaitu BC, disebut *lengan beban* (diberi lambang  $\ell_w$ ). Sedangkan jarak titik kuasa ke titik tumpu, yaitu AC disebut *lengan kuasa* (diberi lambang  $\ell_F$ ).



Gambar 4. Sebuah pesawat sederhana (linggis) yang sedang bekerja. Kuasa lebih kecil dari pada sebab, tetapi usaha yang dilakukannya sama besar.

Dalam ilustrasi tuas pada Gambar 4, lengan kuasa AC = 3 m dan lengan beban BC = 1,5 m. Jika kamu mengerjakan kuasa 40 N, ternyata kamu mampu mengangkat beban 80 N. Dengan demikian, tuas berfungsi sebagai *pembesar gaya* (istilah lain adalah *pengali gaya*). Ini berarti untuk mengangkat atau menggeser sebuah beban berat, kamu hanya perlu mengerjakan kuasa yang lebih kecil daripada

beban.

*Perbandingan antara beban yang diangkat dan kuasa yang dilakukan disebut keuntungan mekanis.*

Dengan demikian, keuntungan mekanis dirumuskan sebagai

$$\text{Keuntungan mekanis} = \frac{\text{beban}}{\text{kuasa}} = \frac{w}{F} \quad (2-6)$$

Dalam ilustrasi tuas pada gambar 2.34, beban  $w = 80 \text{ N}$  dan kuasa  $F = 40 \text{ N}$ , sehingga

$$\text{Keuntungan mekanis} = \frac{w}{F} = \frac{80 \text{ N}}{40 \text{ N}} = 2$$

Jika lengan kuasa  $\ell_F = AC = 3 \text{ m}$  kamu bandingkan dengan lengan beban  $\ell_w = BC = 1,5 \text{ m}$  maka kamu peroleh

$$= \frac{\ell_F}{\ell_w} = \frac{3 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 2$$

Jadi,

*Prinsip tuas*

$$F \times \ell_F = w \times \ell_w \quad (2-7)$$

*Keuntungan mekanis*

$$KM = \frac{w}{F} = \frac{\ell_F}{\ell_w} \quad (2-8)$$

### 2.1.1 Apakah tuas mengurangi usaha yang harus dilakukan?

Perhatikan kembali gambar 2.34 usaha oleh kuasa  $W_F$  dan usaha oleh beban  $W_w$  adalah

$$\begin{aligned}W_F &= \text{kuasa} \times \text{perpindahan} \\ &= 40 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 80 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_w &= \text{beban} \times \text{perpindahan} \\ &= 80 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 80 \text{ J}\end{aligned}$$

Dari hasil diatas dapatlah kita simpulkan bahwa tuas berfungsi memperbesar gaya (beban > kuasa ), sehingga usaha lebih mudah dilakukan, tetapi tuas **tidak** mengurangi usaha yang harus dilakukan. Jika kuasa kita pandang sebagai masukan ( *input* ) dan beban kita pandang sebagai keluaran ( *output* ), pada pesawat sederhana berlaku **kekekalan usaha**, yaitu

Usaha masukan = usaha keluaran

$$\begin{aligned}W_F &= W_w \\ F \times d_F &= w \times d_w\end{aligned} \quad (2-9)$$

Dengan  $d_F$  dan  $d_w$  adalah perpindahan kuasa dan beban.

Kekekalan usaha menyatakan bahwa pesawat sederhana selalu bekerja memperbesar gaya saja atau memperbesar perpindahan saja. Pesawat sederhana tidak pernah memperbesar gaya sekaligus perpindahannya. Jika pesawat sederhana memperbesar gaya (misalkan linggis) maka pesawat harus membayarnya dengan perpindahan yang lebih kecil. Ini diilustrasikan dengan baik oleh gambar 2.34. ketika tuas memperbesar gaya menjadi dua kali, tuas

harus membayarnya dengan memperkecil perpindahan menjadi setengah kali. Tampak untuk mengangkat beban (bonkahan batu) sejauh 1 m, kamu perlu melakukan kuasa yang menekan tuas sejauh 2 m. Contoh penggunaan prinsip pengungkit adalah gunting, linggis, dan gunting kuku. pada masa ini, tuas sudah banyak dikembangkan menjadi berbagai alat yang berguna dalam kehidupan sehari-hari.

Tuas yang digunakan orang untuk memindahkan sebuah batu yang berat. Berat beban yang akan diangkat disebut gaya beban ( $F_b$ ) dan gaya yang digunakan untuk mengangkat batu atau beban disebut gaya kuasa ( $F_k$ ). Jarak antara penumpu dan beban disebut lengan beban ( $l_b$ ) dan jarak antara penumpu dengan kuasa disebut lengan kuasa ( $l_k$ ). Hubungan antara besaran-besaran tersebut menunjukkan bahwa perkalian gaya kuasa dan lengan kuasa ( $F_k l_k$ ) sama dengan gaya beban dikalikan dengan lengan beban ( $F_b l_b$ ). Artinya besar usaha yang dilakukan kuasa sama dengan besarnya usaha yang dilakukan beban. Oleh sebab itu, pada tuas berlaku persamaan sebagai berikut:

$$F_k \cdot l_k = F_b \cdot l_b \quad \text{dengan:}$$

$F_k$  = gaya kuasa (N)

$F_b$  = gaya beban (N)

$l_k$  = lengan kuasa (m)

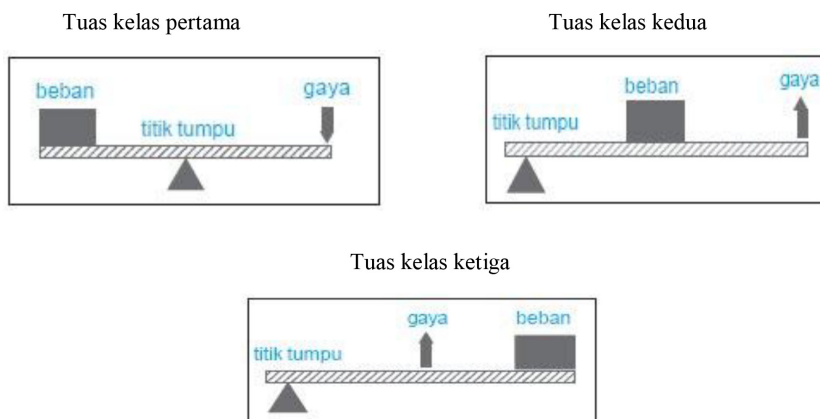
$l_b$  = lengan beban (m)

**Catatan :**

Kekekalan usaha berlaku pada pesawat sederhana asalkan semua gaya gesekan diabaikan. Dalam kenyataan, gaya gesekan selalu hadir, sehingga usaha keluaran selalu *lebih kecil* daripada usaha masukan. Oleh karena itu, kuasa yang kamu harus lakukan untuk mengangkat hukum  $w$  selalu harus *lebih besar* daripada kuasa hasil hitungan teoretis menurut persamaan (2-8).

### 2.1.2 Macam-macam tuas

Dalam kasus Inggris, titik tumpu berada diantara kuasa (gaya tekanmu) dan beban (berat batu yang kamu angkat). Akan tetapi, letak titik tumpu tidak selalu berada di antara kuasa dan beban. Bergantung pada letak titik tumpu terhadap kuasa dan beban, tuas dikelompokkan menjadi *tiga* kelas: tuas kelas pertama, tuas kelas kedua, dan tuas kelas ketiga.

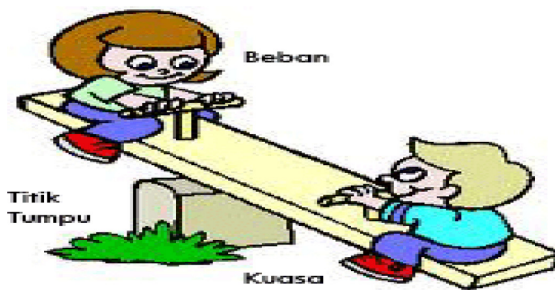


Gambar 5. Macam-macam tuas

(1) *tuas kelas pertama*

Seperti terlihat pada gambar 5, kolom pertama, linggis adalah contoh *tuas kelas pertama*. Pada kuas kelas pertama,

titik tumpu selalu berada diantara kuasa dan beban. Atau, dapat juga dikatakan bahwa beban dan kuasa berada pada sisi berlainan dan titik tumpu. Seperti terlihat pada gambar 6 makin dekat letak titik tumpu ke beban ( makin kecil  $\ell_w$  ). Makin besar keuntungan mekanis tuas ( ingat  $KM = \ell_F / \ell_w$  ). Beberapa contoh tuas kelas pertama lainnya, seperti gunting, tang, dan pembuka kaleng, ditunjukkan pada gambar



Gambar 6. Main jungkat jungkit

( 2 ) tuas kelas kedua

Seperti terlihat pada gambar 5 kolom kedua, gerobak dorong beroda satu adalah salah satu contoh *tuas kelas kedua*. Pada tuas kelas kedua, kuasa dan beban berada pada sisi yang sama dari titik tumpu, dan beban lebih dekat ketitik tumpu daripada kuasa. Makin dekat letak titik tumpu dari beban (  $\ell_w$  mengecil ), makin besar keuntungan mekanis pesawat ( ingat  $KM = \ell_F / \ell_w$  ), dan ini berarti makin mudah kuasa yang kecil untuk mengangkat beban yang berat. Beberapa contoh tuas kelas kedua contohnya tuas kelas kedua lainnya, seperti catut, pembuka botolstapler ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Tuas jenis kedua

( 3 ) tuas kelas ketiga

Seperti yang terlihat pada saat orang menyapu, lengan siku adalah salah satu contoh tuas kelas ketiga. Pada tuas kelas ketiga, beban dan kuasa berada pada sisi yang sama dari titik tumpu ( seperti halnya tuas kelas kedua ), tetapi kuasa lebih dekat ke titik tumpu daripada beban. Karena pada tuas kelas ketiga lengan kuasa lebih kecil daripada lengan beban ( $l_F < l_w$ ), sesuai prinsip tuas, kuasa haruslah lebih besar daripada beban ( $F > w$ ). Dengan demikian, tuas kelas ketiga tidak berfungsi sebagai pembesar gaya ( seperti halnya tuas kelas pertama dan kedua ), melainkan berfungsi sebagai *pembesar perpindahan*. Jadi, dengan tuas kelas ketiga, kita dapat memindahkan benda lebih jauh. Karena itu, tanganmu melempar batu maka otot lenganmu melakukan kuasa yang lebih besar daripada beban (berat batu), tetapi sebagai hasilnya batu dapat dilontarkan lebih jauh. Contoh lain tuas kelas ketiga yang biasa kamu dijumpai di rumahmu adalah sapu.





Gambar 8. Tuas jenis ketiga

Dibawah ini adalah contoh benda-benda yang menggunakan prinsip tuas :



Gambar 8. Contoh alat dengan prinsip tuas

keterangan :

- a. tuas jenis pertama
- b. tuas jenis kedua
- c. tuas jenis ketiga

## 2.2 KATROL

Prinsip kerja katrol sama dengan tuas, yaitu memungkinkan mengangkat benda berat dengan gaya yang lebih kecil tanpa mengurangi besar usaha yang

harus dilakukan. Berdasarkan susunannya, katrol dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu katrol tetap dan katrol bergerak.

Katrol adalah mesin sederhana yang terdiri dari sebuah roda beralur dimana seutas tali atau rantai dapat bergerak ulak-alik. Di puncak tiang bendera sekolahmu biasanya terpasang sebuah katrol. Katrol itu memudahkan kamu untuk menaikkan bendera ke puncak tiang.

Tahukah kamu bagaimana seseorang dapat mengambil air dari sumur yang dalam dengan menggunakan timba. Hal ini karena orang tersebut memanfaatkan katrol tetap yang berfungsi untuk mengubah arah gaya. Jika tali yang terhubung pada katrol ditarik kebawah, maka secara otomatis timba berisi air akan terkerek ke atas. Keuntungan mekanik katrol tetap sama dengan 1. Jadi, katrol tetap tunggal tidak menggandakan gaya kuasa atau dengan kata lain gaya kuasa sama dengan gaya beban.

Penerapan katrol dalam kehidupan sehari-hari bisa divariasikan sehingga membentuk katrol bebas maupun katrol majemuk. Variasi tersebut dimaksudkan untuk mempermudah pekerjaan yang dilakukan. Berbeda dengan katrol tetap, kedudukan katrol bebas berubah dan tidak dipasang ditempat tertentu. Biasanya katrol bebas diletakkan diatas tali beban.

Katrol adalah roda berongga yang disepanjang sisinya untuk tempat tali. Katrol sangat baik digunakan untuk memindahkan beban ke atas/bawah. Katrol dapat dibedakan menjadi katrol tunggal tetap, katrol tunggal bergerak, dan

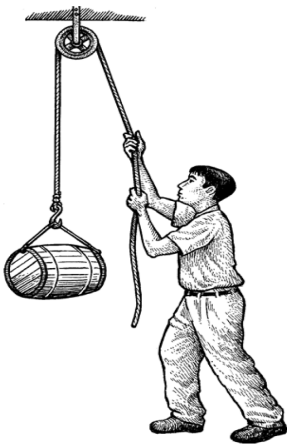
takal (katrol majemuk berganda).

### 2.2.1 Katrol tunggal tetap

Katrol tetap adalah sebuah katrol yang terpasang pada tempat yang tetap sehingga tidak dapat bergerak ke atas atau ke bawah. Katrol tetap dapat dipandang sebagai tuas dengan titik tumpu  $O$ , titik kuasa  $A$ . Titik beban  $B$ , lengan beban  $BO$ , dan lengan kuasa  $AO$ .

Pada gambar tersebut,  $BO = AO$ . oleh karena itu,  $F$  sama dengan  $w$ , tetapi arahnya berlawanan. Hal ini berarti gaya yang dapat digunakan untuk mengangkat beban minimal sama dengan berat beban itu. Dengan kata lain, keuntungan mekanis katrol tetap sama dengan 1.

gaya ototmu ketika menaikkan ember dengan langsung menarik tali ke atas sama besar dengan gaya ototmu ketika menarik tali kebawah melalui katrol tunggal tetap. Mengapa orang lebih suka menimba air daripada menimba secara langsung ?

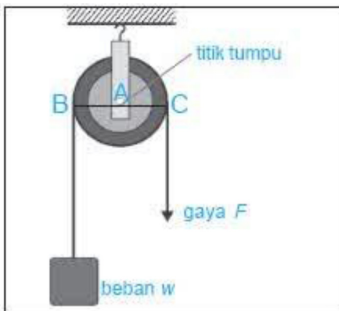


katrol tunggal tetap berfungsi mengubah arah gaya tarik dari menarik ke atas menjadi menarik kebawah. Ketika kamu menimba air tanpa melalui katrol, kamu harus menarik tali ke atas. Arah gaya beratmu adalah vertikal ke bawah. Karena arah gaya tarikmu *berlawanan* dengan arah gaya beratmu, gaya ototmu ketika menarik tali ke atas tidak dibantu oleh

Gambar 9. Orang menggunakan katrol

gaya beratmu. Karena itu, pekerjaan menaikkan timba terasa *berat*.

Dengan katrol tunggal tetap, arah gaya tarik diubah menjadi kebawah. Sekarang gaya tarik ototmu *searah* dengan gaya beratmu, sehingga gaya ototmu ketika menarik tali ke atas dibantu oleh gaya beratmu. Karena itu, pekerjaan menaikkan timba terasa *lebih mudah* kamu lakukan. Jadi, walaupun keuntungan mekanis = 1, orang lebih senang menimba air melalui katrol tunggal tetap karena arah gaya tarik diubah menjadi ke bawah, sehingga searah dengan gaya berat.



Gambar 9. Katrol tetap

katrol tunggal tetap terdiri dari **sebuah katrol** yang kedudukannya tidak berubah - ubah (tetap). Keuntungan mekanis (*KM*) **katrol tunggal tetap = 1**

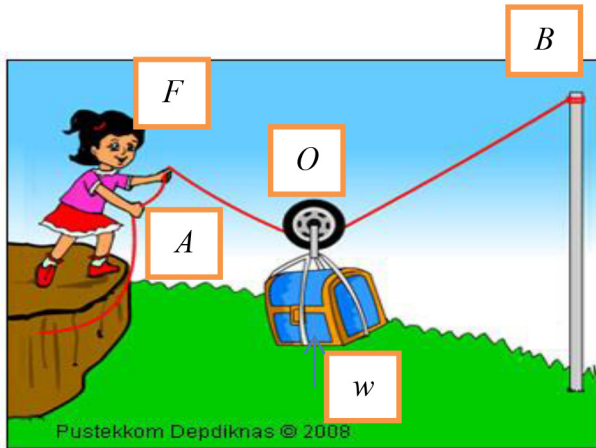
Keuntungan mekanis = 1 berarti berat beban = gaya yang kita keluarkan untuk mengangkat beban tersebut. maka

$$F = w$$

### 2.2.2 Katrol tunggal bergerak

Katrol bergerak adalah sebuah katrol yang terpasang sedemikian rupa sehingga dapat bergerak naik turun.

Sebagaimana katrol tetap, katrol bergerak juga dapat dipandang sebagai tuas dengan titik tumpu  $B$ , titik kuasa  $A$ , titik beban  $O$ , lengan beban  $OB$ , dan lengan kuasa  $AB$ .



Gambar 10. Katrol bergerak

Pada gambar 10 tampak beban  $w$  ditanggung oleh dua tali (diberi nomor 1 dan 2), sehingga gaya tarik (kuasa)  $F$  yang diperlukan hanyalah setengah beban, atau  $F = \frac{1}{2} w$ . Karena itu, *keuntungan mekanis katrol bergerak* adalah

$$\text{Keuntungan mekanis} = \frac{w}{F} = \frac{w}{\frac{1}{2}w} = 2$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa jauh lebih mudah menaikkan beban dengan menggunakan katrol tunggal bergerak dari pada katrol tunggal tetap. Akan tetapi, Perhatikan bahwa arah gaya (kuasa)  $F$  yang kamu berikan adalah keatas, berlawanan dengan arah gaya beratmu. Dapat kita simbulkan bahwa *fungsi utama katrol bergerak* adalah *memperbesar (mengalikan) gaya*.

## Menghitung keuntungan mekanis katrol tunggal bergerak

Seperti halnya katrol tunggal tetap, kamu juga dapat menghitung keuntungan mekanisme keuntungan mekanis katrol tunggal bergerak dengan *prinsip tuas*.

**Sistem Katrol** Jika kamu sempat melihat pembangunan kontruksi dari sebuah gedung bertingkat maka hampir pasti kamu akan menemukan sistem katrol atau disebut dengan *takal*. Takal digunakan untuk mengangkat beban-beban berat.

**Bagaimana cara kerja takal ?** Telah kamu praktikan bahwa sebuah katrol tetap tidak memperbesar gaya. Dengan menggunakan dua katrol, dimana satu sebagai katrol tetap dipasang diatas dan satu lagi sebagai katrol bergerak, kamu bisa menarik beban dengan kuasa (gaya tarik) hanya setengah beban. Mengapa? Karena ada *dua tali* yang menanggung beban  $w$ , sehingga secara teoritis, kuasa  $F$  sama dengan *setengah* beban ( $F = \frac{1}{2} w$ ). Keuntungan mekanis katrol ganda ini adalah :

keuntungan mekanis

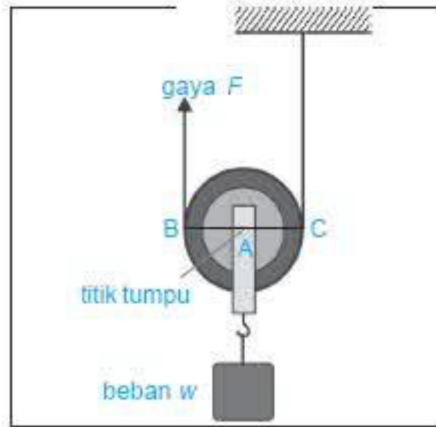
$$= \frac{w}{F} = \frac{w}{\frac{1}{2} w} = 2$$

Bagaimana jika kamu menggunakan takal dengan tiga katrol, dua sebagai katrol tetap dan satu sebagai katrol bergerak? Ternyata bisa menarik beban cukup dengan kuasa (gaya tarik) sepertiga beban. Mengapa? Karena ada *tiga tali* yang menggunakan beban  $w$ , sehingga secara teoretis, kuasa  $F$  sama dengan *sepertiga* beban ( $F = \frac{1}{3} w$ ). Keuntungan mekanis takal dengan tiga katrol adalah

Keuntungan mekanis

$$= \frac{w}{F} = \frac{w}{\frac{1}{3}w} = 3$$

Atau bisa digambarkan dengan seperti dibawah ini :



Gambar 11. Katrol bergerak

katrol tunggal bergerak terdiri dari sebuah katrol yang kedudukannya dapat berubah-ubah (tetap).

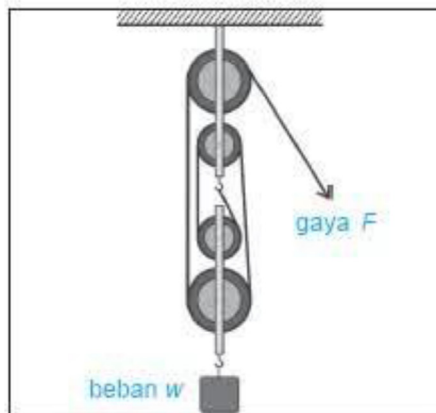
**Keuntungan mekanis (KM) katrol tunggal bergerak = 2** maka,

$$F = 1/2.w$$

Keuntungan mekanisnya = 2 artinya kita hanya perlu mengeluarkan gaya separuh dari berat beban yang kita angkat

$$F = \frac{w}{KM}$$

### 2.2.3 Katrol majemuk berganda



**Gambar 12. Katrol majemuk ganda**

Takal / Katrol majemuk atau berganda adalah katrol yang terdiri dari sebuah katrol tetap dan satu atau lebih katrol bergerak... katrol ini biasanya digunakan untuk mengangkat beban yang sangat berat

Keuntungan mekanis

$$(KM) \text{ takal} = \text{Jumlah katrol}$$

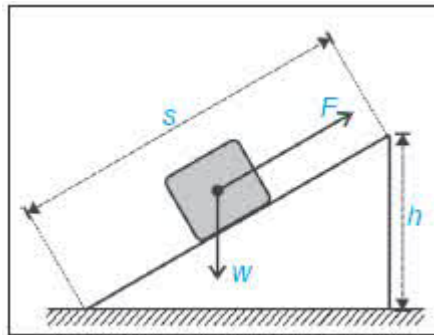
### 2.3 BIDANG MIRING

Bidang miring dapat berupa papan yang dimiringkan dengan kemiringan tertentu. Papan tersebut sering digunakan untuk menaikkan barang yang berat ke atas mobil (truk). Cara ini lebih mudah dilakukan daripada mengangkat barang yang berat ke atas mobil secara langsung. Meskipun mempermudah



pekerjaan, bidang miring tidak mengubah besar usaha.

Dalam kehidupan sehari-hari, prinsip kerja bidang miring digunakan padapembuatan jalan-jalan dibukit dan pegunungan, sekrup, resleting, dan tangga. Sekrup bekerja dengan menggunakan prinsip bidang miring. Pada sekrup terdapat silinder dan uliran yang bekerja bersamaan. Sekrup sebenarnya adalah bidang miring yang dipuntalkan (dipilin pada sebuah silinder). bidang miring merupakan sebuah bidang miring yang digunakan untuk memindahkan sebuah benda ke ketinggian tertentu.



Gambar 13. Bidang miring

Secara matematis bidang miring dapat di rumuskan sebagai berikut :

**Keterangan :**

KM = keuntungan mekanis

F = gaya dorong (N)

s = panjang bidang miring (m)

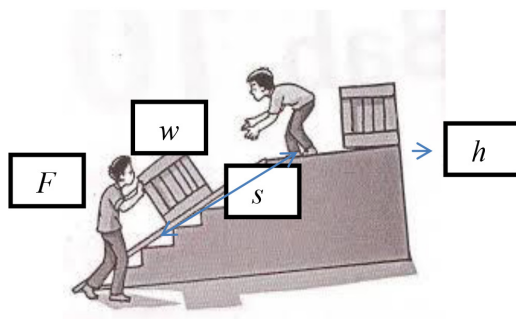
h = ketinggian (m)

w = berat beban (N)

Keuntungan mekanis bidang miring dapat dituliskan sebagi

berikut ini :

Keuntungan mekanik bidang miring adalah perbandingan panjang ( $s$ ) dan tinggi bidang miring ( $h$ ). Keuntungan mekanik bidang miring bergantung pada panjang landasan bidang miring dan tingginya. Semakin kecil sudut kemiringan bidang, semakin besar keuntungan mekanisnya atau semakin kecil gaya kuasa yang harus dilakukan.



pada gambar tersebut benda diangkat secara langsung. Cara ini memerlukan usaha sebesar

$$W = w \cdot h$$

Jika benda diangkat melalui bidang miring sepanjang  $s$ , cara ini memerlukan usaha sebesar

$$W = F \cdot s$$

Karena bidang miring tidak mengubah usaha, diperoleh persamaan

$$F \cdot s = w \cdot h$$

Persamaan itulah yang merupakan keuntungan mekanis pada bidang miring. Adapun contoh bidang miring yang lain ialah baji, sekrup kayu, dan dongkrak

**a. Baji**

Contoh bidang miring sebelumnya adalah bidang miring yang diam, dan bendalah yang bergerak sepanjang bidang miring itu. Baji termasuk bidang miring, tetapi bidang miring yang *bergerak*. Jadi, pada baji, benda diam diatas bidang miring, dan bidang miring itu sendiri yang bergerak menaiki benda.

**b. Sekrub**

Seperti halnya baji, sekrup termasuk contoh bidang miring yang bergerak. Sekrup adalah suatu bidang mirik yang dililitkan mengitari sebuah batang sebagai pusat, sehingga membentuk spiral. Ketika kamu memutar sebuah kepala skrub dengan obeng sebagai tuas, setiap putaran yang kamu lakukan hanya menggerakkan sekrub masuk sedikit, yaitu sama dengan jarak antarulir.

Makin pendek *jarak antarulir* ( *uliran* ), makin panjang jarang yang ditempuh sekrub untuk masuk kedalam lubang kayu. Sesuai prinsip pesawat sederhana, ini menghasilkan pengali gaya. Karena itt, kuasa kecil yang kamu berikan ketika memutar skrub dengan obeng menghasilkan gaya besar yang sanggup melawan gaya hambatan kayu yang

besar. Dengan demikian, skrub dapat masuk dengan mudah ke dalam kayu. Jadi makin pendek jarak uliran maka makin besar keuntungan mekanis skrub.

### ***Penerapan skrub dalam keseharian***

Dapatkah gaya ototmu melakukan usaha untuk mengangkat mobil? Tentu mustahil kamu mampu mengangkatnya. Akan tetapi, seorang pengemudi mobil yang akan mengganti bannya dengan ban baru dapat dengan mudah mengangkat mobil dengan bantuan sebuah dongkrak ulir. Bagaimana caranya?

Ketika pengemudi memutar skrub yang ada ditengah dengan sebuah tuas, kedua ujungnya dongkrak saling mendekat sambil memberikan gaya angkat yang diperlukan. Ulir dongkrak menempuh jarak yang jauh untuk menaikkan mobil sedikit demi sedikit. Sesuai prinsip pesawat sederhana, jarak yang jauh akan memberikan pengali gaya yang besar, sehingga dengan kuasa yang kecil, pengemudi dapat dengan mudah mengangkat sebuah kendaraan seberat satu ton (100 kg) ataupun lebih. Masih banyak lagi penerapan skrub dalam keseharian, diantaranya adalah keran air.

## **2.4 RODA GIGI**

Roda gigi adalah sepasang roda bergerigi yang saling berhubungan sehingga sepasang roda bergerigi tersebut dapat digunakan untuk menambah atau mengurangi gaya, disamping untuk mengubah besar arah kecepatan putaran. Roda gigi besar memberikan gaya yang lebih besar, sehingga gaya kuasa yang diperlukan lebih kecil, tetapi ini harus dibayar dengan

kecepatan putar lebih lambat.

Sebaliknya, roda gigi kecil memberikan kecepatan putar yang lebih cepat, tetapi ini memberikan gaya yang lebih kecil, sehingga harus dibayar dengan gaya kuasa yang lebih besar.

Roda gigi (gir) dapat kamu temukan pada sepeda, yaitu pada pedal dan roda belakang. Antara gir pedal dan gir roda belakang dihubungkan oleh rantai.

Usaha yang dikerjakan oleh pedal akan dipindah ke gir roda belakang melalui rantai. Gaya kayuh sepeda akan menghasilkan gerak ke depan lebih cepat daripada orang yang berjalan.

Pengendara sepeda dapat mengatur perbandingan gir sepeda belakang dan gir pedal. Jika gir roda belakang jauh lebih kecil dari pada gir pedal, pengendara akan mengayuh lebih berat, tetapi menghasilkan kecepatan lebih besar. Jika gir roda belakang hampir sama dengan gir pedal, pengendara akan mengayuh lebih ringan tetapi menghasilkan kecepatan lebih lambat. Pernahkah kamu merasakan hal demikian pada sepedamu ?

Sekarang ini roda gigi banyak dimanfaatkan untuk mesin-mesin industri. Roda gigi dapat dihubungkan ke suatu poros. Dua roda gigi dapat diatur untuk memindai arah perputaran dan mengubah besar kecepatan perputaran.

Roda gigi atau gir adalah sepasang roda bergigi saling bersambungan yang dapat digunakan untuk menambah atau mengurangi gaya, disamping untuk mengubah besaer dan arah kecepatan putar. Dari pengalaman menaiki sepeda, kamu telah mengetahui bahwa menggunakan roda gigi ukuran besar

telah mengetahui bahwa menggunakan roda gigi ukuran besar membuat pekerjaan mengayuh depedah semakin ringan, tetapi kecepatan putar roda sepeda menjadi lambat. Sebaliknya, menggunakan roda gigi ukuran kecil membuat pekerjaan mengayuh sepeda menjadi berat, tetapi kecepatan putar roda menjadi cepat.

Dari pengalaman menaiki sepeda ini dapat kita simpulkan sebagai berikut

*Roda gigi besar memberikan gaya yang lebih besar, sehingga kuasa yang diperlukan lebih kecil, tetapi ini harus dibayar dengan kecepatan putar yang lebih lambat. Sebaliknya, roda gigi kecil memberikan kecepatan putar yang lebih cepat, tetapi ini memberikan gaya yang lebih kecil, sehingga harus dibayar dengan kuasa yang lebih besar.*

Roda gigi (gir) termasuk pesawat sederhana yang selain mengubah besar gaya dan kecepatan putar, juga dapat mengubah arah putaran.

Roda dan poros juga tergolong sebagai pesawat sederhana yang prinsipnya serupa dengan roda gigi. Jika roda diputar oleh gaya kecil pada tepi roda, akan timbul gaya besar pada sumbunya.

### **C. SIMPULAN**

Dari pembahasan makalah yang telah dijelaskan, kita telah mengetahui tentang apa itu pesawat sederhana. **Pesawat sederhana** adalah segala jenis perangkat yang hanya membutuhkan satu gaya untuk bekerja. yang contohnya banyak

seklai disekitar kita seperti: bidang miring, tuas, katrol dan roda gigi.

**Manfaat pesawat sederhana** Mempermudah pekerjaan manusia, Energi yang kita keluarkan juga dapat dihemat, Waktunya jadi lebih singkat Untuk mengubah arah gaya

### **Macam-macam pesawat sederhana**

Macam -macam pesawat sederhana antara lain sebagai berikut ini :

1. Tuas/pengungkit
2. Katrol tunggal tetap dan katrol tunggal bergerak
3. Bidang miring dan roda bergigi (gir)

# **SUHU DAN KALOR**

## **A. PENDAHULUAN**

Baik pada siang hari yang panas maupun pada malam hari yang dingin, tubuh anda perlu dijaga agar berada pada suhu yang hampir konstan. Walaupun memiliki mekanisme kendali suhu, tubuh juga terkadang butuh pertolongan. Pada hari yang panas anda memakai pakaian yang lebih tipis untuk meningkatkan perpindahan panas dari tubuh ke udara dan untuk mendapatkan pendinginan yang lebih baik melalui penguapan keringat. Mungkin anda mengonsumsi minuman yang dingin dengan es, dan duduk di dekat kipas angin atau di dalam ruangan yang memiliki pendingin. Pada hari yang dingin, anda memakai pakaian yang lebih tebal atau tetap berada di dalam ruangan yang hangat. Saat anda di luar, anda menjaga tubuh tetap aktif dan mengonsumsi minuman panas agar tetap hangat. Konsep pada bab ini akan membantu anda memahami dasar fisika yang dibutuhkan untuk menjaga badan tetap hangat atau dingin.

Pertama-pertama, kita perlu mendefinisikan suhu, termasuk skala suhu dan cara-cara pengukurannya. Kemudian kita mendiskusikan bagaimana ukuran dan volume suatu benda terpengaruh oleh perubahan suhu. Kita akan mengenali konsep



mengenai panas, yang menerangkan perpindahan energi yang disebabkan oleh perbedaan suhu, kita akan mempelajari bagaimana menghitung laju perpindahan energi tersebut.

Perhatian kita dalam bab ini akan tertuju pada konsep suhu dan panas saat dihubungkan dengan objek makroskopik seperti silinder gas, es batu, dan tubuh manusia. Bab ini memberikan dasar bagi bidang termodinamika yaitu studi mengenai perpindahan energi yang melibatkan panas, kerja mekanik, dan aspek lainnya dari energi, serta bagaimana perpindahan tersebut dihubungkan ke sifat benda.

## **B. URAIAN MATERI**

### **2.1 Pengertian Suhu**

Jika kita membahas tentang suhu suatu benda, tentu terkait erat dengan panas atau dinginnya benda tersebut. Dengan alat perasa, kita dapat membedakan benda yang panas, hangat atau dingin.

Benda yang panas kita katakan suhunya lebih tinggi dari benda yang hangat atau benda yang dingin. Benda yang hangat suhunya lebih tinggi dari benda yang dingin. Dengan alat perasa kita hanya dapat membedakan suhu suatu benda secara kualitatif. Akan tetapi di dalam fisika kita akan menyatakan panas, hangat, dingin, dan sebagainya secara eksak yaitu secara kuantitatif (dengan angka-angka).

Secara sederhana suhu didefinisikan sebagai derajat panas dinginnya suatu benda. Ada beberapa sifat benda yang berubah apabila benda itu dipanaskan, antara lain adalah warnanya, volumenya, tekanannya dan daya hantar listriknya.

Sifat-sifat benda yang berubah karena dipanaskan disebut sifat termometrik. Sifat termometrik zat antara lain panjang, volume, hambatan listrik, tekanan pada volume tetap, volume gas pada tekanan tetap, warna. Suhu termasuk besaran pokok dalam fisika yang dalam S.I. bersatuan Kelvin.

## **2.2 Alat Ukur Suhu**

Untuk menyatakan suhu suatu benda secara kuantitatif diperlukan alat ukur yang disebut termometer. Ada beberapa jenis termometer dengan menggunakan konsep perubahan-perubahan sifat karena pemanasan. Pada termometer raksa dan termometer alkohol menggunakan sifat perubahan volume karena pemanasan.

### **2.2.1 Jenis-jenis Termometer**

Seperti diketahui, alat untuk mengukur suhu dinamakan termometer. Termometer dibuat berdasarkan sifat termometrik bahan, yaitu kepekaan bahan terhadap perubahan suhu atau perubahan besaran fisika akibat perubahan suhu. Beberapa contoh perubahan besaran fisika yang dapat digunakan untuk membuat termometer adalah pemuaian zat cair dalam pipa kapiler, perubahan hambatan listrik kawat platina, pemuaian keping bimetal, dan perubahan tekanan gas pada volume tetap.

#### **1. Termometer Zat Cair**

Termometer zat cair yang paling banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah termometer yang bahan pengisinya zat cair, misalnya raksa. Pada umumnya zat cair memiliki pemuaian yang tidak teratur. Misalnya, air apabila dipanaskan dari suhu  $0^{\circ}\text{C}$  –  $4^{\circ}\text{C}$  volumenya justru menyusut.

Akan tetapi, raksa memiliki pemuaian yang teratur.

- **Termometer Raksa**

Termometer raksa adalah termometer yang bahan pengisinya adalah raksa. Sebagai contoh termometer raksa adalah termometer skala Celsius. Gambar 14 menunjukkan termometer raksa yang digunakan di laboratorium. Bagaimanakah prinsip kerja termometer ini? Raksa dalam termometer akan memuai apabila dipanaskan. Pemuaian ini menyebabkan raksa mengisi pipa kapiler dan menunjuk pada skala tertentu. Nah, skala yang ditunjukkan oleh termometer ini menunjukkan suhu benda yang diukur.



Gambar 14. Termometer

Beberapa keuntungan apabila raksa digunakan sebagai bahan pengisi termometer adalah

- raksa mengkilap dan tidak membasahi dinding kaca;
- raksa merupakan penghantar yang baik sehingga suhunya mudah menyesuaikan dengan suhu benda yang diukur;
- pemuaiannya teratur;
- memiliki titik didih yang tinggi ( $357^{\circ}\text{C}$ ) sehingga dapat digunakan untuk mengukur suhu tinggi; dan

- kalor jenisnya kecil sehingga dengan perubahan panas sedikit saja sudah cukup untuk mengubah suhu.

Adapun kerugian menggunakan raksa sebagai bahan pengisi termometer adalah

- mahal,
- memiliki titik beku rendah ( $-39^{\circ}\text{C}$ ) sehingga tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu rendah, dan
- beracun, sehingga apabila termometer pecah dapat menyebabkan keracunan.

- **Termometer Alkohol**

Alkohol juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi termometer.

Beberapa keuntungan apabila alkohol digunakan sebagai bahan pengisi termometer

adalah

- jika dibandingkan dengan raksa, alkohol lebih murah;
- pemuaianannya teratur; dan
- titik beku alkohol sangat rendah ( $-115^{\circ}\text{C}$ ) sehingga termometer alkohol dapat digunakan untuk mengukur suhu rendah.

Adapun kerugian menggunakan raksa sebagai bahan pengisi termometer adalah

- membasahi dinding;
- titik didih alkohol sangat rendah ( $-78^{\circ}\text{C}$ ) sehingga pemakaiannya menjadi terbatas; dan

- kalor jenisnya besar sehingga perlu perubahan panas yang besar untuk mengubah suhu.

Mengapa air tidak dapat digunakan sebagai bahan pengisi termometer? Ada beberapa alasan sehingga air tidak dapat digunakan sebagai bahan pengisi termometer:

- air membasahi dinding;
- pada kondisi normal air membeku pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  dan mendidih pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sehingga jangkauan pengukurannya menjadi sangat terbatas; dan
- air dipanaskan dari suhu  $0^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$  volumenya justru menyusut.

Ada beberapa termometer zat cair yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi, kita hanya akan membahas tiga termometer saja, yaitu: termometer klinis, termometer dinding, dan termometer maksimum minimum Six.

- **Termometer Klinis**

Termometer ini digunakan untuk mengukur suhu tubuh manusia. Oleh karena itu, termometer ini sering disebut termometer suhu badan. Bagian-bagian dari termometer klinis adalah tabung raksa, bagian yang menyempit, dan pipa kapiler (Gambar 15). Zat cair yang digunakan untuk bahan pengisi termometer ini adalah raksa. Skala termometer klinis memiliki jangkauan di atas dan di bawah suhu rata-rata tubuh manusia, yaitu  $37^{\circ}\text{C}$ . Suhu terendah tubuh manusia tidak pernah kurang dari  $35^{\circ}\text{C}$  dan tidak pernah lebih dari  $42^{\circ}\text{C}$  sehingga skala termometer klinis terletak antara  $35^{\circ}\text{C}$  dan  $42^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 15. Termometer klinis analog

Termometer yang telah dibicarakan di atas merupakan thermometer klinis analog. Dalam termometer analog, hasil pengukuran suhu dapat dibaca pada angka yang tertera pada termometer. Di samping termometer analog, sekarang sudah ada termometer klinis digital. Dalam bentuk digital, hasil pengukuran langsung ditampilkan dalam bentuk angka.



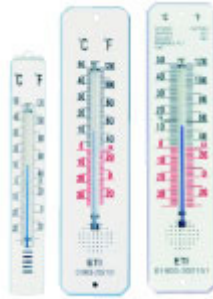
Gambar 16. Termometer klinis digital.

Untuk mengukur suhu badan, thermometer klinis ditempatkan di bawah lidah atau dijepit pada ketiak. Setelah beberapa saat, thermometer diambil dan raksa dalam tabung menjadi dingin dan menyusut. Dengan adanya bagian yang menyempit, raksa di dalam pipa kapiler tidak dapat memasuki tabung dan tetap menunjukkan skala tertentu, misalnya 37°C.

- **Termometer Dinding**

Termometer dinding digunakan untuk mengukur suhu ruang. Sesuai dengan namanya, termometer ini dipasang pada

dinding ruangan. Skala termometer ini memiliki jangkauan suhu yang dapat terjadi dalam ruang, misalnya  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $50^{\circ}\text{C}$  (Gambar 17).



Gambar 17. Termometer dinding

- **Termometer Maksimum-Minimum Six**

Termometer maksimum-minimum Six digunakan untuk mengukur suhu dalam rumah kaca, yaitu bangunan yang digunakan untuk menanam tumbuh-tumbuhan sebagai bahan penelitian. Pada umumnya suhu maksimum terjadi pada siang hari dan suhu minimum terjadi pada malam hari.

Termometer ini ditemukan oleh James Six pada akhir abad ke-18. Termometer ini terdiri atas tabung silinder A, tabung B, dan pipa U. Tabung silinder A yang berisi alkohol atau minyak creasote dihubungkan dengan tabung B yang juga berisi alkohol melalui pipa U yang berisi raksa (Gambar 18).

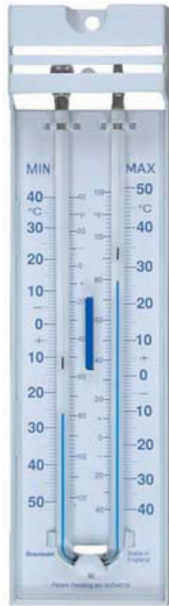
Termometer maksimum-minimum Six dilengkapi dengan dua skala, yaitu skala minimum pada pipa kiri dan skala maksimum pada pipa kanan. Jadi, suhu maksimum dan suhu minimum dapat dibaca sesuai dengan tinggi kolom

raksa pada masing-masing pipa.

Pada masing-masing permukaan raksa terdapat penunjuk baja yang dilengkapi dengan pegas sebagai penahan. Jika suhu dalam rumah kaca naik, alkohol pada tabung silinder A memuai sehingga mendesak raksa yang terdapat pada pipa kiri. Akibatnya, permukaan raksa pada pipa kiri turun dan permukaan raksa pada pipa kanan naik. Penunjuk baja pada pipa kanan terdorong ke atas dan menunjuk suhu maksimum.

Jika suhu dalam rumah kaca turun, alkohol pada tabung silinder A menyusut dan raksa pada tabung B turun. Perlu diketahui, meskipun raksa pada tabung B turun tetapi posisi penunjuk baja tetap tidak berubah. Ketika raksa pada tabung B turun, permukaan raksa pada tabung kiri naik dan mendorong penunjuk baja sampai kedudukan tertentu. Kedudukan penunjuk baja pada tabung kiri ini menunjukkan suhu minimum pada saat itu. Jadi, tinggi kolom raksa pada pipa kiri menunjukkan suhu minimum dan tinggi kolom raksa pada pipa kanan menunjukkan suhu maksimum. Untuk mengembalikan penunjuk baja supaya bersentuhan dengan permukaan raksa digunakan magnet.





Gambar 18. Termometer klinis

Pada saat mengukur suhu dengan menggunakan termometer, kalian harus memperhatikan beberapahal berikut ini.

- ◆ Ketika menggunakan termometer, suhu awal tidak perlu diatur terlebih dahulu. Misalnya, suhu awal tidak perlu dibuat  $0^{\circ}\text{C}$  terlebih dahulu.
- ◆ Ketika mengukur suhu zat cair, ujung bawah thermometer harus diletakkan di tengah-tengah cairan. Ujung bawah thermometer ini tidak boleh menyentuh dasar atau dinding bejana. Ketika thermometer diangkat dari cairan, suhu thermometer akan segera berubah menyesuaikan dengan suhu udara. Oleh karena itu, pembacaan thermometer dilakukan ketika thermometer masih berada di dalam

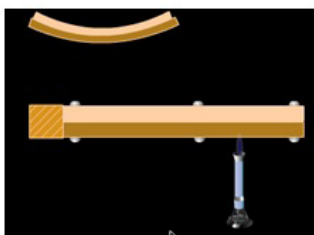
cairan.

- ◆ Untuk mengukur suhu tinggi, pastikan kalian menggunakan termometer yang dirancang untuk mengukur suhu tinggi.
- ◆ Pada saat mengukur suhu, tangan tidak boleh bersentuhan langsung dengan termometer. Untuk mengatasi masalah ini, termometer dapat dijepit dengan statif atau digantung dengan benang melalui lubang yang ada pada ujung atas termometer.
- ◆ Termometer tidak boleh digunakan untuk mengaduk cairan.
- ◆ Dalam membaca skala termometer, posisi mata harus berada pada garis yang tegak lurus terhadap posisi skala termometer. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan paralaks.

## 2. Termometer Lain

- **Termometer Bimetal**

Termometer bimetal dibuat dari dua lempeng logam yang berbeda jenisnya. Kedua logam ini direkatkan satu sama lain (Gambar 19). Apabila lempeng bimetal dipanaskan, bimetal akan melengkung ke arah salah satu logam. Jadi, lempeng bimetal akan melengkung apabila suhunya berubah. Lempeng bimetal pada umumnya dibuat bentuk spiral yang salah satu ujungnya dihubungkan dengan jarum penunjuk (Gambar 19). Akibat perubahan suhu, jarum penunjuk akan bergerak dan menunjukkan angka tertentu.



goalfinder.com

(a)



oldhouseweb.com

(b)

Gambar 19 (a) Lempeng bimetal akan melengkung apabila dipanaskan. (b) Lempeng bimetal dapat digunakan sebagai termometer.

- **Termometer Hambatan**

Prinsip termometer hambatan (Gambar 20) adalah memanfaatkan perubahan hambatan logam (platina) akibat perubahan suhu. Platina dililitkan pada mika dan dimasukkan ke dalam gelas silika atau tabung perak yang tahan panas. Ujung-ujung kawat platina dihubungkan dengan alat ukur hambatan, misalnya jembatan Wheatstone, yang diletakkan di luar tabung. Prinsip jembatan Wheatstone akan kalian pelajari di SMA.

Termometer hambatan memiliki ketelitian yang tinggi. Ketelitian pengukuran dapat mencapai  $0,0001^{\circ}\text{C}$ . Jangkauan pengukuran sangat lebar, yaitu  $-250^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $1760^{\circ}\text{C}$ . Termometer hambatan sering digunakan untuk mengukur suhu mesin mobil.



Gambar 20. **Termometer Gas**

Prinsip termometer gas adalah pada volume tetap tekanan gas akan bertambah seiring dengan perubahan suhu. Secara sederhana bentuk termometer gas seperti ditunjukkan pada Gambar 20. Termometer gas dapat mengukur suhu yang lebih teliti daripada termometer zat cair. Termometer gas mampu mengukur suhu tinggi hingga  $1500^{\circ}\text{C}$ . Termometer gas helium pada tekanan rendah mampu mengukur suhu hingga  $-250^{\circ}\text{C}$ .

- **Pyrometer Optik**

Bagaimanakah cara mengukur suhu bara api? Apabila digunakan termometer zat cair, pasti termometernya pecah. Untuk mengukur suhu yang sangat tinggi, misalnya suhu tungku peleburan baja, digunakan pyrometer optik (Gambar 4.9). Alat ini mengukur intensitas radiasi yang dihasilkan oleh bahan yang

berpendar. Berbeda dengan penggunaan termometer zat cair, pyrometer optik tidak menyentuh benda yang diukur suhunya. Dengan demikian, pyrometer optik dapat mengukur suhu benda yang sangat tinggi



Gambar 21. Pyrometer optik

### 2.3 Skala Suhu Pada Termometer

Untuk menentukan skala sebuah termometer diperlukan dua titik tetap: titik lebur es sebagai titik tetap bawah dan titik didih air sebagai titik tetap atas. Termometer adalah alat untuk mengukur suhu. Untuk mengetahui suhu benda yang diukur, termometer perlu diberi skala. Proses memberi skala pada termometer dinamakan kalibrasi. Bagaimanakah caranya? Kalian dapat mengkalibrasi termometer dengan langkah-langkah sebagai berikut.

#### 1. Termometer Skala Celsius

Skala Celcius merupakan skala yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Skala ini ditetapkan

oleh seorang ahli fisika berkebangsaan Swedia bernama Anders Celcius (1701 - 1744). Ia menetapkan titik beku air sama dengan 0 derajat sebagai titik tetap bawah, dan titik didih air sama dengan 100 derajat sebagai titik tetap atas. Di antara jarak kedua titik tersebut dibagi menjadi 100 satuan derajat. Skala Celcius memiliki satuan derajat Celcius yang ditulis  $^{\circ}\text{C}$ .

a. Menentukan Titik Tetap Bawah

Masukkan ujung bawah termometer secara tegak lurus ke dalam bejana yang berisi es murni. Tunggu beberapa saat sampai es melebur yang ditandai dengan adanya air dalam bejana. Apabila tinggi permukaan raksa pada pipa kapiler sudah tidak berubah lagi, artinya suhu termometer sama dengan suhu es yang sedang melebur. Berilah tanda tepat pada permukaan raksa itu dan tulislah dengan angka. Untuk termometer skala Celsius, titik tetap bawah ditulis  $0^{\circ}\text{C}$ .

b. Menentukan Titik Tetap Atas

Masukkan ujung bawah termometer ke dalam bejana yang berisi air murni. Panaskan air sampai mendidih. Tunggu beberapa saat sampai suhu termometer sama dengan suhu air mendidih. Apabila tinggi permukaan raksa pada pipa kapiler sudah tidak berubah lagi, artinya suhu termometer sama dengan suhu air mendidih. Berilah tanda tepat pada permukaan raksa itu dan tulislah dengan angka. Untuk termometer skala Celsius, titik tetap atas ditulis  $100^{\circ}\text{C}$ .

c. Membuat Pembagian Skala

Setelah titik tetap bawah dan titik tetap atas ditetapkan, selanjutnya jarak antara kedua titik tetap ini dibagi

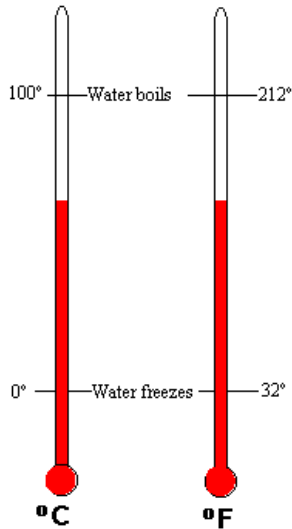
menjadi beberapa bagian yang sama. Pada termometer skala Celsius, kedua titik tetap ini dibagi menjadi 100 bagian yang sama. Jadi, setiap bagian skala menunjukkan suhu  $1^{\circ}\text{C}$ .

Pembagian skala ini dapat diperluas dengan memberi angka-angka tambahan, baik di bawah titik tetap bawah maupun di atas titik tetap atas. Angka-angka di bawah titik tetap bawah diberi angka negatif, sedangkan angka-angka di atas titik tetap atas diberi angka lebih dari  $100^{\circ}\text{C}$ .

## 2. Termometer Skala Kelvin

Lord Kelvin (1824-1907) adalah ilmuwan berkebangsaan Inggris yang menetapkan skala Kelvin. Skala Kelvin ditetapkan berdasarkan perhitungan bahwa ada suhu minimal di alam ini. Hal tersebut didukung oleh teori kinetik partikel bahwa pada suhu nol mutlak, partikel-partikel semua zat praktis tidak bergerak. Suhu nol mutlak tersebut sama dengan  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , biasanya dibulatkan menjadi  $-273^{\circ}\text{C}$ . Pada skala Kelvin, titik beku air adalah 273 K dan titik didihnya 373 K. Skala kelvin memiliki satuan Kelvin, ditulis  $^{\circ}\text{K}$ .

Para ilmuwan lebih suka menggunakan termometer skala Kelvin. Oleh karena itu, dalam SI (Sistem Internasional) satuan suhu adalah kelvin (K). Skala Kelvin tidak dikalibrasi berdasarkan titik lebur es dan titik didih air, tetapi dikalibrasi berdasarkan energi yang dimiliki oleh partikel-partikel dalam benda. Apabila suhu benda turun, gerak partikel lambat. Sebaliknya, apabila suhu benda naik gerak partikel cepat.



Gambar 22. Perbandingan termometer skala Celsius dan skala Kelvin.

Seperti telah diuraikan di atas,  $-273^{\circ}\text{C}$  sama dengan  $0\text{ K}$  atau  $0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$ . Oleh karena itu, pada skala Kelvin titik lebur es  $0^{\circ}\text{C}$  diberi angka  $273\text{ K}$  dan titik didih air  $100^{\circ}\text{C}$  diberi angka  $373\text{ K}$ . Jadi,

$$0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K dan } 100^{\circ}\text{C} = 373\text{ K.}$$

Dengan demikian,

$$\underline{t}^{\circ}\text{C} = ( t + 273 ) \text{ K}$$

Atau

$$\underline{t}\text{K} = ( t - 273 )^{\circ}\text{C}$$



### 3. Termometer Skala Fahrenheit

Skala Fahrenheit ditetapkan oleh Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736), seorang ilmuwan fisika berkebangsaan Jerman. Ia menetapkan titik beku air sama dengan  $32^{\circ}$  dan titik didih air sama dengan  $212^{\circ}$ . Di antara jarak kedua titik tetap tersebut dibagi menjadi 180 satuan derajat. Penulisan nilai suhu, misalnya 100 derajat fahrenheit, cukup ditulis  $100^{\circ}\text{F}$ . Skala Fahrenheit banyak dipakai dinegara-negara Eropa dan Amerika.

Dalam termometer skala Fahrenheit, yang biasa digunakan di Amerika Serikat, suhu titik lebur es  $32^{\circ}\text{F}$  dan suhu titik didih air  $212^{\circ}\text{F}$ . Jadi, antara titik lebur es dan titik didih air dibagi menjadi 180 bagian yang sama. Pada skala Celsius antara titik lebur es dan titik didih air dibagi menjadi 100 bagian yang sama. Jadi, perbandingan skala suhu Celsius  $t_C$  dan  $t_F$  adalah

$$\frac{t_C}{t_F} = \frac{100}{180} = \frac{5}{9} \text{ atau } t_C = \frac{5}{9}t_F.$$

Artinya, perubahan suhu sebesar satu derajat Celsius sama dengan perubahan sebesar  $\frac{5}{9}$  derajat Fahrenheit. Untuk mengubah suhu dari Fahrenheit ke Celsius (atau sebaliknya) harus diperhatikan bahwa pada saat termometer skala Celsius menunjukkan angka  $0^{\circ}\text{C}$  skala Fahrenheit menunjukkan angka  $32^{\circ}\text{F}$ . Dengan demikian, diperoleh

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + 32^{\circ}$$

atau

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32^{\circ})$$

#### 4. Termometer Skala Reamur

Skala Reamur adalah skala suhu yang dinamakan oleh Rene Antoine Ferchault de Reamur, yang pertama mengusulkannya pada 1731. Titik beku air adalah 0 derajat Reamur, titik didih air 80 derajat, serta memiliki 80 satuan derajat, penulisan nilai suhu skala Reamur, misalnya 40 derajat Reamur, ditulis  $40^{\circ}R$  skala ini mulanya dibuat dengan alkohol, jadi termometer Reamur yang dibuat dengan raksa sebenarnya bukan termometer Reamur sejati. Skala Reamur digunakan secara luas di Eropa, terutama di Perancis dan Jerman, tapi kemudian digantikan oleh Celcius. Saat ini skala Reamur jarang digunakan kecuali di Industri permen dan keju. Dengan demikian, diperoleh

$$t^{\circ}C = \left( \frac{4}{5} \times t \right)^{\circ}R$$

Hubungan antara Celsius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

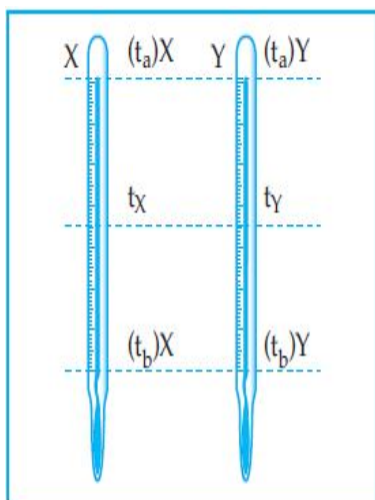
Tabel 7. Hubungan antara Celsius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin

No	asal	Tujuan	Rumus
1.	Celsius	Reamur	$t^{\circ}\text{C} = \left(\frac{4}{5} \times t\right)^{\circ}\text{R}$
		Fahrenheit	$t^{\circ}\text{C} = \left(\frac{9}{5} \times t\right) + 32^{\circ}\text{F}$
		Kelvin	$t^{\circ}\text{C} = (t + 273,15) \text{K}$
2.	Reamur	Celsius	$t^{\circ}\text{R} = \left(\frac{5}{4} \times t\right)^{\circ}\text{C}$
		Fahrenheit	$t^{\circ}\text{R} = \left(\frac{9}{4} \times t\right) + 32^{\circ}\text{F}$
		Kelvin	$t^{\circ}\text{R} = \frac{T}{4/5} + 273.15 \text{K}$
3.	Fahrenheit	Celsius	$t^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9} \times (t - 32)^{\circ}\text{C}$
		Reamur	$t^{\circ}\text{F} = \frac{4}{9} \times (t - 32)^{\circ}\text{R}$
		Kelvin	$t^{\circ}\text{F} = \frac{(t + 459,67)}{9/5} \text{K}$
4.	Kelvin	Celsius	$t\text{K} = t - 273,15^{\circ}\text{C}$
		Fahrenheit	$t\text{K} = (t \times \frac{9}{5}) - 459.67^{\circ}\text{R}$
		Reamur	$t\text{K} = (t - 273,15) \times \frac{4}{5}^{\circ}\text{R}$

Dari ketentuan tersebut diperoleh perbandingan skala dari keempat termometer tersebut sebagai berikut :

$$C : R : (F - 32) : (K - 273) = 5 : 4 : 9 : 5$$

Secara umum hubungan termometer yang satu dengan yang lain sebagai berikut :



$$\frac{(t_a)X - t_x}{(t_a)X - (t_b)X} = \frac{(t_a)Y - t_y}{(t_a)Y - (t_b)Y}$$

Keterangan :

(ta) adalah titik tetap atas

(tb) titik tetap bawah

(tX) suhu pada termometer X

(tY) suhu pada termometer Y

Rumus ini digunakan untuk menentukan salah satu suhu yang belum diketahui dalam perbandingan antar termometer.

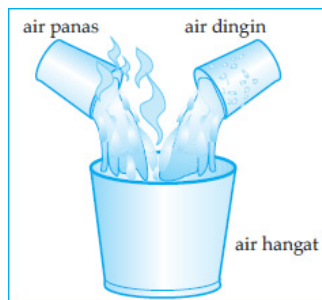
## 2.4 Definisi Kalor

Kalor merupakan satu bentuk energi yang dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah jika kedua benda tersebut saling disentuhkan. Atau bisa diartikan bahwa kalor adalah energi yang mengalir dari satu benda ke benda yang lain karena adanya perbedaan temperatur diantaranya kedua benda tersebut. Karena kalor merupakan suatu bentuk energi, maka satuan kalor dalam S.I. adalah Joule dan dalam CGS adalah erg.

1 Joule = 107 erg.

Ada juga yang mendefinisikan sebagai energi yang dimiliki oleh suatu zat. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Jika suhunya tinggi, maka kalor yang dikandung oleh benda sangat besar, begitu juga sebaliknya jika suhunya rendah maka kalor yang dikandung sedikit. Dahulu sebelum mengetahui bahwa kalor merupakan bentuk energi, maka orang sudah mempunyai satuan untuk kalor yaitu *kalori*.  
1 kalori = 4.18 Joule atau 1 Joule = 0,24 kal.

## 2.5 Pengaruh Kalor Terhadap Suhu



Gambar 23. Pencampuran air panas dan air dingin

Terlihat bahwa jika satu gelas air panas dicampur dengan satu gelas air dingin, setelah terjadi keseimbangan termal maka menjadi air hangat. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat air panas dicampur dengan air dingin maka air panas melepaskan kalor sehingga suhunya turun dan air dingin menyerap kalor sehingga suhunya naik.

Diketahui bahwa untuk suatu zat dengan jenis dan massa yang sama, jika dipanaskan dengan jumlah kalor yang berbeda akan menghasilkan kenaikan suhu yang berbeda. Dengan demikian: Semakin besar kalor yang diberikan pada suatu benda, semakin besar juga kenaikan suhunya.

## **2.6 Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor**

Kalor dapat diberikan kepada benda atau diambil darinya. Kalor dapat diberikan pada suatu benda dengan cara pemanasan dan sebagai salah satu dampak adalah kenaikan suhunya. Kalor dapat diambil dari suatu benda dengan cara pendinginan dan sebagai salah satu dampak adalah penurunan suhu. Jadi, salah satu dampak dari pemberian atau pengurangan kalor adalah perubahan suhu yang diberi lambang  $\Delta T$ .

Untuk membedakan zat-zat dalam hubungannya dengan pengaruh kalor pada zat-zat itu digunakan konsep kalor jenis yang diberi lambang "c". Kalor jenis suatu zat didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepaskan untuk menaikkan atau menurunkan suhu satu satuan massa zat itu sebesar satu satuan suhu. Dengan kata lain sifat khas suatu zat yang menunjukkan kemampuannya untuk menyerap kalor. Untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K atau 1°C. Jika

suatu zat yang massanya  $m$  memerlukan atau melepaskan kalor sebagai  $Q$  untuk mengubah suhunya sebesar  $\Delta T$ , maka kalor jenis zat itu dapat dinyatakan dengan persamaan:

Tabel 8. Kalor jenis zat

Zat	Kalor jenis	Zat	Kalor jenis
Air	4.180	Kuningan	376
Air laut	3.900	Raksa	140
Aluminium	903	Seng	388
Besi	450	Spiritus	240
Es	2.060	Tembaga	385
Kaca	670	Timbal	130

Dari persamaan  $Q = m.c. \Delta T$ , untuk benda-benda tertentu nilai dari  $m.c$  adalah konstan. Nilai dari  $m.c$  disebut juga dengan kapasitas kalor yang diberi lambang “ $C$ ” (huruf kapital). Kapasitas kalor didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepaskan untuk mengubah suhu benda sebesar satu satuan suhu.

Persamaan kapasitas kalor dapat dinyatakan dengan:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad \text{atau} \quad Q = C \cdot \Delta T$$

Satuan dari  $C$  adalah  $J/K$

Dari persamaan:  $Q = m.c. \Delta T$  dan  $Q = C. \Delta T$

Diperoleh:  $C = m.c$

## 2.7 Asas Black

Kekekalan energi pada periyukuran kalor, pertama kali diukur oleh Joseph Black (1728-1799). Asas Black menyatakan bahwa “Kalor yang dilepaskan benda panas ( $Q$  lepas) sama dengan kalor yang diterima benda dingin ( $Q$  terima).

$$Q \text{ dilepaskan} = Q \text{ diserap}$$

Bila dua zat yang suhunya tidak sama dicampur maka zat yang bersuhu tinggi akan melepaskan kalor sehingga suhunya turun dan zat yang bersuhu rendah akan menyerap kalor sehingga suhunya naik sampai terjadi keseimbangan termal. Karena kalor merupakan suatu energi maka berdasarkan hukum kekekalan energi diperoleh kalor yang dilepaskan sama dengan kalor yang diserap.

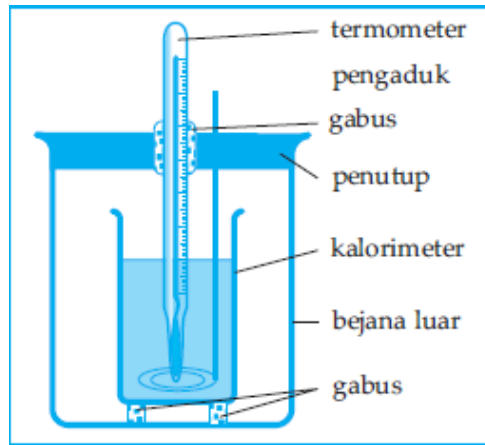
## 2.8 Mengukur Kalor

Pengukuran kalor sering dilakukan untuk menentukan kalor jenis suatu zat. Dengan mengetahui kalor jenis suatu zat maka dapat dihitung banyaknya kalor yang dilepas atau diserap dengan mengetahui massa zat dan perubahan suhunya, menggunakan persamaan:  $Q = m.c. \Delta T$

Alat yang digunakan untuk mengukur kalor adalah kalorimeter. Kalorimeter umumnya digunakan untuk menentukan kalor jenis suatu zat. Kalorimeter menggunakan teknik pencampuran dua zat di dalam suatu wadah. Jika kalor jenis suatu zat diketahui, maka kalor jenis zat lain yang dicampur dengan zat tersebut dapat dihitung. Salah satu bentuk



kalorimeter adalah kalorimeter campuran yang secara bagan seperti gambar.



Gambar 24. Kalorimeter

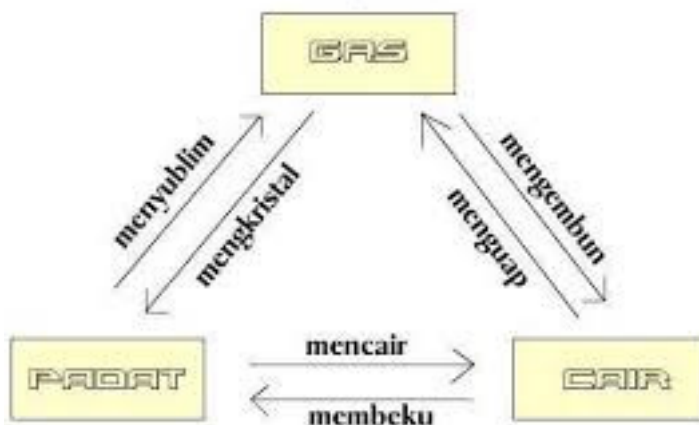
Kalorimeter terdiri atas sebagai berikut:

- ✍ Sebuah bejana kecil terbuat dari logam tipis yang di gosok mengkilat. Bejana inilah yang dinamakan kalorimeter.
- ✍ Sebuah bejana yang agak besar, untuk memasukkan kalorimeternya. Di antara kedua bejana itu dipasang isolator yang berfungsi untuk mengurangi kehilangan kalor karena dihantarkan atau dipancarkan sekitarnya.
- ✍ Penutup dari isolator panas telah dilengkapi dengan termometer dan pengaduk. Pengaduk biasanya juga terbuat dari logam sejenis.

## 2.9 Perubahan Wujud Zat

Wujud zat dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu zat padat, zat cair, dan zat gas. Wujud suatu zat dapat berubah dari wujud zat yang satu menjadi wujud yang lain. Perubahan wujud dapat disebabkan karena pengaruh kalor.

Perubahan wujud zat selain karena penyerapan kalor, dapat juga karena pelepasan kalor. Setiap terjadi perubahan wujud terdapat nama-nama tertentu. Berikut skema perubahan wujud zat beserta nama perubahan wujud zat tersebut.



Bagan 6. Perubahan wujud zat

Pada saat es sedang mencair atau pada saat air sedang menguap suhunya tetap, walaupun kalor terus diberikan. Dengan kata lain pada saat zat mengalami perubahan wujud, suhu zat tersebut tetap, sehingga selama terjadi perubahan wujud zat seakan-akan kalor tersebut disimpan. Kalor yang tersimpan tersebut disebut kalor laten. Yang diberi lambang  $L$ .

$$Q = m \cdot L$$

$Q$  = banyak kalor yang diserap atau dilepaskan (dalam joule)

$m$  = massa zat yang mengalami perubahan wujud (dalam Kg)

$L$  = kalor laten (dalam Joule/Kg)

Nama-nama kalor laten, antara lain:

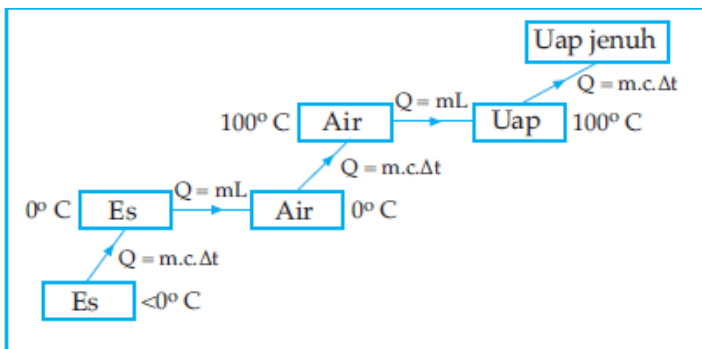
- Pada saat melebur disebut kalor lebur
- Pada saat menguap disebut kalor uap
- Pada saat menyublim disebut kalor sublim
- Pada saat membeku disebut kalor beku
- Pada saat mengembun disebut kalor embun

Dari hasil percobaan yang dilakukan oleh para ilmuwan diperoleh:

Kalor uap = Kalor embun

Kalor lebur = Kalor beku

Berikut adalah bagan perubahan wujud es sampai uap jenuh:



- ☐ Dari es dengan suhu  $< 0^{\circ}\text{C}$  sampai es  $0^{\circ}\text{C}$ , kalor yang diserap:  $Q = m_{\text{es}} \cdot c_{\text{es}} \cdot \Delta T$
- ☐ Dari es dengan suhu  $0^{\circ}\text{C}$  sampai air  $0^{\circ}\text{C}$  (es melebur), kalor yang diserap:  $Q = m_{\text{es}} \cdot L$
- ☐ Dari air dengan suhu  $0^{\circ}\text{C}$  sampai air  $100^{\circ}\text{C}$ , kalor yang diserap:  $Q = m_{\text{air}} \cdot c_{\text{air}} \cdot \Delta T \rightarrow m_{\text{air}} = m_{\text{es}}$
- ☐ Dari air dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai uap  $100^{\circ}\text{C}$  (air mendidih), kalor yang diserap:  $Q = m_{\text{air}} \cdot L_{\text{uap}}$
- ☐ Dari uap dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai uap jenuh, kalor yang diserap:  $Q = m_{\text{uap}} \cdot C_{\text{uap}} \cdot \Delta T \rightarrow m_{\text{uap}} = m_{\text{air}} = m_{\text{es}}$

Tabel 9. Titik lebur, titik didih, kalor uap, dan kalor didih berbagai zat

Zat	Titik lebur normal (J/kg)	Kalor lebur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Titik didih normal ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kalor uap (J/Kg)
Helium	-269,65	$5,23 \times 10^3$	-268,93	$209 \times 10^3$
Hidrogen	-259,31	$58,6 \times 10^3$	-252,89	$452 \times 10^3$
Nitrogen	-209,97	$25,5 \times 10^3$	-195,81	$201 \times 10^3$
Oksigen	218,79	$13,8 \times 10^3$	-182,97	$213 \times 10^3$
Alkohol	-114	$104,2 \times 10^3$	78	$853 \times 10^3$
Raksa	-39	$11,8 \times 10^3$	357	$272 \times 10^3$
Air	0	$334 \times 10^3$	100	$2256 \times 10^3$
Perak	960,80	$88,3 \times 10^3$	2193	$2336 \times 10^3$
Tembaga	1083	$134 \times 10^3$	1187	$5069 \times 10^3$

## 2.10 Pemuaiian

Pada umumnya semua zat memuai jika dipanaskan, kecuali air pada suhu di antara 0°C dan 4°C volumenya menyusut. Pemuaiian zat umumnya terjadi ke segala arah, ke arah panjang, ke arah lebar, dan ke arah tebal.

### 1. Pemuaiian Zat Padat

Karena bentuk zat padat yang tetap, maka pada pemuaiian zat padat ada pemuaiian panjang, pemuaiian luas, dan pemuaiian volume.

#### a. Pemuaiian panjang

pemuaiian panjang disebut juga pemuaiian linier. Pemuaiian panjang zat padat berlaku jika zat padat itu hanya dipandang sebagai satu dimensi (berbentuk garis), penambahan panjang zat padat yang dipanasi sebanding dengan panjang mula-mula, sebanding dengan kenaikan suhu dan tergantung pada jenis zat padat. Untuk membedakan sifat muai berbagai zat digunakan konsep koefisien muai.

Untuk pemuaiian panjang digunakan konsep koefisien muai panjang atau koefisien muai linier yang dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang zat dengan panjang mula-mula zat, untuk tiap kenaikan suhu sebesar satu satuan suhu. Jika koefisien muai panjang dilambangkan dengan  $\alpha$  dan penambahan panjang  $\Delta L$ , panjang mula-mula  $L_0$ , dan perubahan suhu  $\Delta T$  maka koefisien muai panjang dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

Sehingga satuan dari  $\alpha$  adalah  $1/K$  atau  $K^{-1}$

Dari persamaan di atas diperoleh pula persamaan:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

Dimana  $\Delta L = L_t - L_0$

Sehingga  $L_t - L_0 = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$  atau  $L_t = L_0 + \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$

$$L_t = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$L_t$  = panjang batang pada suhu  $t$

**Tabel 10. Koefisien muai panjang dari beberapa jenis zat padat**

Jenis bahan	Koefisien muai panjang (dalam $K^{-1}$ )
Kaca	0,000009
Baja/besi	0,000011
Aluminium	0,000026
Pirek (pyrex)	0,000003
Platina	0,000009
Tembaga	0,000017

### Pemuaian Luas

Jika zat padat tersebut mempunyai 2 dimensi (panjang dan lebar), kemudian dipanasi tentu baik panjang maupun lebarnya mengalami pemuaian atau dengan kata lain luas zat padat tersebut mengalami pemuaian. Koefisien muai pada

pemuaian luas ini disebut dengan koefisien muai luas yang diberi lambang  $\beta$

Analog dengan pemuaian panjang, maka jika luas mula-mula  $A_0$ , pertambahan luas  $\Delta A$  dan perubahan suhu  $\Delta T$ , maka koefisien muai luas dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta T}$$

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

$\Delta A = A_t - A_0$  sehingga  $A_t - A_0 = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta T$

$$A_t = A_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

$A_t$  = luas zat padat pada suhu t

Berdasarkan penurunan persamaan pemuaian luas, diperoleh nilai  $\beta = 2\alpha$ .

### **Pemuaian Volum**

Zat padat yang mempunyai bentuk ruang, jika dipanaskan mengalami pemuaian volum. Koefisien pemuaian pada pemuaian volum ini disebut dengan koefisien muai volum atau koefisien muai ruang yang diberi lambang  $\gamma$ .

Jika volum mula-mula  $V_0$ , pertambahan volum  $\Delta V$  dan perubahan suhu  $\Delta T$ , maka koefisien muai volum dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$$

$$\text{Atau } \Delta V = \gamma \cdot V_o \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = V_t - V_o \text{ sehingga } V_t - V_o = \gamma \cdot V_o \cdot \Delta T$$

$$V_t = V_o \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

$V_t$  = volum zat padat pada suhu t

$$\gamma = 3\alpha$$

## 2. Pemuaiian Zat Cair

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa pada umumnya setiap zat memuai jika dipanaskan, kecuali air jika dipanaskan dari 0°C sampai 4°C, menyusut. Sifat keanehan air seperti itu disebut anomali air.

## C. SIMPULAN

Suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah thermometer. Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat thermometer. Empat macam thermometer yang paling dikenal adalah Celsius, Reumur, Fahrenheit dan Kelvin.

Suhu dapat diukur dengan menggunakan thermometer yang berisi air raksa atau alkohol. Pembuatan thermometer pertama kali dipelopori oleh Galileo Galilei (1564 – 1642) pada tahun 1595. Macam-macam thermometer yaitu thermometer laboratorium, thermometer klinis, thermometer digital, thermometer ruangan dan termokopel. Tipe thermometer antara lain thermometer alkohol, thermometer basal, thermometer merkuri,



termometer oral, termometer Galileo, termometer infra merah, termometer cairan kristal, termistor.

Kalor merupakan salah satu bentuk energi dan dapat berpindah apabila terdapat perbedaan suhu. Secara alami kalor berpindah dari zat yang suhunya tinggi ke zat yang suhunya rendah. Perpindahan kalor ada 3 cara yaitu perpindahan secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

# **BENDA DAN SIFAT-SIFATNYA**

## **A. PENDAHULUAN**

IPA merupakan suatu ilmu yang membahas tentang gejala-gejala alam yang disusun secara sistematis berdasarkan pada hasil percobaan dan pengamatan yang dilakukan oleh manusia.

IPA tidak bisa hanya berbentuk sebuah konsep saja namun pembelajaran IPA secara praktek juga harus diterapkan. Secara tidak disadari kegiatan sehari-hari yang kita lakukan semuanya mengandung IPA. Jadi, bisa dikatakan bahwa IPA ada di sekitar kehidupan kita.

Salah satu contoh IPA ada di kehidupan kita sehari-hari adalah dengan adanya perubahan wujud benda. Seperti berubahnya air menjadi es, es yang mencair, proses terjadinya hujan, dan masih banyak lagi peristiwa lainnya. Agar kita mendapatkan pengetahuan yang lebih banyak maka sebaiknya kita mempelajari tentang perubahan wujud benda.

Benda merupakan suatu bentuk dari zat-zat ataupun elemen-elemen yang berbau menjadi satu dan membentuk suatu perwujudan yang mempunyai sifat dan kegunaan tersendiri. Di dunia ini banyak sekali benda yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti meja, kursi, sendok, garpu

dan lain-lain. Namun baik kita sadari atau tidak, benda-benda yang ada di sekitar kita tersebut memiliki sifat-sifat yang unik dan bervariasi satu sama lain.

Benda-benda yang ada di di sekitar kita dibagi menjadi tiga jenis, yaitu benda padat, benda cair, dan benda gas. Setiap jenis benda mempunyai sifat yang membedakannya dari jenis benda lain. Bahkan sesama benda padat pun mempunyai sifat yang berbeda dari benda padat lain. Setiap benda mempunyai sifat tersendiri.

Di sekitar kita, terdapat banyak benda. Benda-benda tersebut memiliki berbagai macam bentuk, wujud, dan warna. Benda adalah segala sesuatu yang berada di alam dan mempunyai wujud. Benda disebut juga barang. Benda merupakan makhluk tak hidup. Pensil, sebotol sirup, dan sebuah balon berisi udara. Pensil, sirup dalam botol, dan udara dalam balon adalah contoh benda yang berbeda sifat. Pensil merupakan benda padat, sirup merupakan benda cair, dan udara dalam botol merupakan benda gas.

Perubahan wujud benda meliputi : perubahan wujud padat menjadi cair (mencair), cair menjadi padat (membeku), cair menjadi gas (menguap), gas menjadi cair (mengkembun), padat menjadi gas (menyublim)

Dalam makalah ini, kami akan memaparkan berbagai wujud benda, sifat-sifat, perubahan wujud beserta kegunaan benda yang ada dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam kehidupan kita sehari-hari, kita sangat memerlukan benda, adapun benda disini yaitu seperti benda-benda yang ada disekeliling kita seperti air, kayu, botol, ember dan lain-lain yang

kita pakai dalam kehidupan sehari-hari. Setiap benda memiliki wujud, dapat mengalami perubahan wujud, dan dapat dijadikan bahan dasar pembuatan barang. Berdasarkan wujudnya, maka benda terbagi atas benda padat, cair dan gas.

Dalam makalah ini, kami akan menjelaskan tentang benda dan sifatnya serta usaha dan energy. Dalam makalah ini akan dijelaskan secara singkat dan jelas serta ringkas tentang materi tersebut.

## **B. URAIAN MATERI**

### **A. Sifat Benda Berdasarkan Wujudnya**

Benda-benda di alam semesta ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu benda padat, benda cair, dan benda gas. Setiap jenis benda mempunyai sifat yang membedakannya dari jenis benda lain. Bahkan sesama benda padat pun mempunyai sifat yang berbeda dari benda padat lain.

Misalnya, sifat meja berbeda dengan sifat cermin, sifat kain berbeda dengan sifat plastik, dan sebagainya.

Dengan melihat, meraba, atau memegang suatu benda, kita akan dapat mengetahui sifat-sifat suatu benda, antara lain, ada yang halus, kasar, lunak, basah, bahkan ada benda yang bercahaya.

Contoh benda yang kasar, antara lain, batu, pasir, dan kulit pohon. Contoh benda yang lunak, antara lain, pisang, roti, dan lilin. Contoh benda yang basah, antara lain, air, es batu, dan semangka yang telah dikupas. Contoh benda yang bercahaya, antara lain, api, matahari, dan lampu listrik yang sedang

menyala. Contoh benda yang memiliki permukaan yang halus, antara lain, kapas, bulu, kain, dan kaca.

## 1. Sifat Benda Padat

Benda padat dapat berupa buku, pensil, rautan, jangka, karet penghapus, penggaris, tas sekolah, meja, kursi, jam, panci, sendok, almari, sekop, sisir, dan sebagainya.

Jika kamu letakkan benda padat ke dalam suatu wadah. Bentuk dan ukuran benda tetap seperti sediakala. Benda-benda seperti yang telah disebutkan diatas bentuk dan ukuran benda tersebut tidak berubah jika hanya dipindah-pindahkan saja.

Dibandingkan jenis benda lain, benda padat lebih mudah diamati. Berbagai benda padat memiliki ciri-ciri yang membedakannya antara lain bentuk dan warna benda. Selain itu, saat diraba, permukaan benda padat ada yang kasar dan ada yang halus. Saat ditekan dengan jari, ada benda padat yang dapat berubah bentuk, misalnya plastisin (lilin mainan), dan ada juga yang tidak misalnya batu, dan ada pula benda padat yang mudah pecah saat terjatuh.

Sifat-sifat benda padat yaitu:

- Memiliki bentuk dan ukuran yang tetap walau dipindahkan ke tempat lain.
- Besar benda padat selalu tetap.
- Wujud benda padat tidak mengikuti wadahnya.
- Begitu juga volume benda padat akan selalu tetap.

Selain mempunyai beberapa sifat yang sama, setiap benda padat juga mempunyai beberapa sifat yang berbeda.

Berdasarkan kekerasannya, benda padat di atas mempunyai sifat yang berbeda. Apel merupakan benda padat yang paling keras dibandingkan dengan garam dan keju. Berdasarkan kelarutannya dalam air, garam mudah larut dibandingkan apel dan keju.

## 2. Sifat Benda Cair

Ada beberapa benda cair di sekitar kita. Benda cair yang paling mudah kita temukan adalah air. Di dapur, kamu dapat menemukan minyak goreng, kecap, cuka, dan sirup.

Jika kita amati dan rasakan, benda cair itu memiliki sifat yang membedakannya dengan benda cair lain. Selain itu, benda cair memiliki kekentalan yang beragam. Air sangat encer. Berbeda dengan kecap manis yang sangat kental jika air dituang, air lebih mudah mengalir. Jika kecap manis dituang, aliran kecap itu lebih lambah dibandingkan dengan air.

Bentuk benda cair tidak tetap. Bentuk benda cair mengikuti bentuk wadahnya. Benda cair dalam ember bentuknya menjadi seperti ember. Benda cair dalam botol bentuknya seperti botol.

Jika benda cair tidak berada di dalam wadah, benda cair akan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Benda cair dapat mengalir. Inilah sifat benda cair lainnya yang membedakannya dengan benda padat.

Bentuk permukaan benda cair yang tenang selalu datar. Bentuk permukaan benda cair yang tenang berbeda dengan bentuk cair yang bergejolak, Hal itu terlihat

pada wadah yang tembus pandang, walaupun wadahnya dimiringkan, permukaan benda cair yang tenang tetap datar. Bagaimanapun cara kamu memiringkannya, permukaan benda cair yang tenang selalu datar.

Benda cair mengalir ke tempat rendah. Hal ini dapat dilihat pada aliran air/selokan yang ada di rumahmu atau bahkan mungkin pada air terjun yang mengalir deras dan jatuh melalui tebing yang curam. Air terjun memberikan pemandangan yang menakjubkan. Air terjun menunjukkan bahwa benda cair mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah.

Benda cair menekan ke segala arah. Air mempunyai tekanan. Semakin rendah tekanan air pada tempat itu maka semakin besar. Hal itu dapat dibuktikan dengan membuat air menjadi memancar. Pacaran air dari tempat lebih rendah tampak lebih jauh. Itulah sebabnya tembok dalam bendungan dibuat makin ke bawah makin tebal, hal ini untuk menahan tekanan air yang makin besar di bagian bawah.

Benda cair meresap melalui celah-celah kecil. Berbagai peristiwa meresapnya benda cair melalui celah-celah kecil terjadi dalam kehidupan sehari-hari itu disebut kapilaritas. Misalnya : minyak tanah meresap pada sumbu kompor atau sumbu lampu tempel.

Beberapa benda cair juga mempunyai perbedaan sifat. Berdasarkan kekentalannya benda cair di atas mempunyai perbedaan sifat. Kecap mempunyai sifat paling kental dibandingkan minyak goreng dan air kemasam. Sementara itu, air mempunyai sifat paling encer. Oleh karena itu,

air paling cepat mengalir dibandingkan minyak goreng dan kecap.

### 3. Sifat Benda Gas

Jika benda padat dan benda cair mudah kamu lihat, benda gas biasanya sulit untuk dilihat. Akan tetapi, benda gas dapat dirasakan. Angin yang bertiup dan udara yang kamu hirup adalah contoh benda gas. Udara termasuk benda gas. Di dalam paru-paru kita terdapat udara.

Udara di dalam pompa, bentuknya seperti pompa dan volumenya sebesar volumenya pompa. Bila udara di dalam pompa kita pompakan ke dalam ban sepeda, maka udara tersebut akan berubah bentuk seperti ban sepeda.

Udara di dalam botol, bentuknya seperti botol dan volumenya sebesar volume botol. Bila air kita masukkan ke dalam botol, maka udara yang berada di dalam botol akan terdesak keluar dan bergabung dengan udara sekitar.

Balon dapat memiliki bentuk yang unik. Balon bersifat elastis sehingga dapat diisi udara. Bila kita hembuskan udara ke dalam sebuah balon karet, maka balon akan menggelembung besar. Kenapa demikian? Itu karena udara dari paru-paru tersebut mengisi seluruh ruangan balon. Udara yang diisikan ke dalam balon akan mendesak balon ke segala arah. Balon akan menyesuaikan bentuknya. Udara bisa tertampung sambil mengikuti bentuk balon, oleh karena itu, jika bentuk wadahnya diubah, bentuk udara di dalamnya juga akan berubah. Jika kamu pijit balon, maka ada bagian lain pada balon yang menjadi sedikit membesar.



Udara dapat berada di berbagai tempat. Udara ada di ruang kelas, di lapangan sekolah, di jalan-jalan yang tiap hari kita lewati, atau pun di rumah.

Seperti benda padat dan benda cair, benda gas juga bermacam-macam. Akan tetapi, benda gas tidak mudah diamati. Banyak benda gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sehingga kehadirannya tidak diketahui.

Sifat-sifat benda gas yaitu:

- Memiliki bentuk yang berubah-ubah sesuai dengan bentuk wadahnya. Artinya, bila udara berada di dalam botol, maka bentuk udara tersebut akan sama seperti botol.
- Benda gas juga selalu mengisi ruangan yang ditempatinya.
- Dapat mengembang dan menyusut
- Dapat bergerak
- Begitu pula dengan volume benda gas yang tidak tetap atau berubah-ubah dan selalu memenuhi ruangan yang ditempatinya. Artinya jika udara itu ada di dalam botol, maka volume udara tersebut akan sama seperti volume pada botol.

Beberapa hal yang berhubungan dengan benda gas mungkin dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, antara lain, sebagai berikut:

1. Jika kakakmu memakai minyak wangi, maka harum minyak wangi tersebut akan tercium di seluruh ruangan kamar, bahkan bisa sampai ke ruangan lain.
2. Sewaktu ibu menggoreng ikan asin di dapur, kamu yang

kebetulan berdiri di luar dapur dapat mencium aroma sedap ikan asin tersebut.

3. Jika tabung gas dari kompor mengalami kebocoran, maka kamu akan mencium aroma seperti bau durian, terutama di sekitar lokasi tabung.

## **B. Perubahan Sifat Benda**

Sukakah kamu makan es krim? Mengapa kamu sebaiknya tidak berlama-lama saat makan es krim? Es krim mudah sekali mencair, apalagi jika berada di bawah terik matahari. Saat masih mengeras, es krim merupakan benda padat, akan tetapi, ketika kena panas, es krim berubah menjadi benda cair.

Benda dapat mengalami perubahan seperti yang terjadi pada es krim. Berbagai hal dapat menyebabkan perubahan benda.

### **1. Perubahan Sifat Benda karena Dibakar**

Pernahkah kamu melihat sampah yang dibakar? Berbagai jenis bahan terkandung dalam sampah, misalnya kertas, plastik, kain, dan dedaunan. Sebelum dibakar, sampah itu terdiri dari berbagai warna, misalnya kertas putih, plastik merah, kain biru, dan dedaunan coklat. Sampah itu juga bisa berbau busuk. Akan tetapi, setelah dibakar semua sampah berubah warna menjadi hitam seperti arang. Saat sampah dibakar, timbul asap mengepul yang berbau, tetapi bukan bau busuk.

Benda yang dibakar akan mengalami perubahan sifat. Sifat benda yang mudah diamati atau dirasakan antara lain

warna, bentuk, ukuran dan bau. Khusus makanan, terjadi pula perubahan rasa.

Ada beberapa benda yang jika dibakar seakan hilang. Contohnya berbagai jenis bahan bakar. Batu bara, parafin, minyak tanah, dan bensin jika terbakar tidak menyisakan onggokan arang. Sebenarnya, bahan bakar tersebut tidak hilang, tetapi mengalami perubahan wujud. Jika dibakar, bahan bakar berubah wujud menjadi benda gas. Saat bahan bakar dibakar, terbentuk asap. Di bagian yang terkena banyak asap, tampak jelaga (debu hitam).

## 2. Perubahan Sifat Benda karena Dipanaskan

Pasti kalian pernah makan cokelat. Barangkali kalian juga pernah memakan cokelat yang bentuknya lucu. sesungguhnya, bentuk yang beragam itu dapat dibuat dari cokelat batang.

Dalam keadaan dingin, cokelat biasanya padat dan cukup keras. Akan tetapi, cokelat akan mencair jika dipanaskan. Pada saat itu, sifatnya berubah menjadi seperti sifat benda cair. Karena berwujud cair, cokelat bisa dituang ke dalam cetakan. Bentuk cokelat cair mengikuti bentuk cetakannya. Jika cokelat cair dalam cetakan itu didinginkan di udara terbuka, atau di dalam lemari pendingin (kulkas), maka cokelat dapat mengeras kembali.

Margarin memang lebih lembek dari pada cokelat. Akan tetapi, jika disimpan di dalam kulkas, margarin bisa mengeras seperti cokelat, begitu dipanaskan di penggorengan, margarin bisa mencair menjadi seperti minyak goreng.

### 3. Perubahan Sifat Benda karena Penambahan air

Pencampuran air pada suatu bahan akan menyebabkan perubahan suhu. Semen dicampur air suhu akan meningkat sehingga dari serbuk menjadi padat. Karbit apabila diberi air maka akan melepaskan gas. Sehingga mudah terbakar. Contoh lainnya adalah ketika gula yang berupa kristal padat ditambah air dan kemudian diaduk maka gula tersebut akan melarut.

### 4. Pemberian tekanan

Pemberian tekanan pada benda yang keras dapat berubah menjadi lunak. Seperti tulang dan duri yang menjadi lunak setelah dimasak dalam panci bertekanan tinggi (panci presto).

### 5. Pengaratan oleh oksigen dan air

Pengaratan akan menyebabkan perubahan pada benda. Besi dan baja jika tidak di cat akan mudah berkarat. Pengaratan disebabkan proses oksidasi oleh oksigen dan air. Karat akan mengubah sifat besi dan baja yang semula kuat menjadi kerupus. Warna besi dan baja juga berubah menjadi coklat kekuningan atau hitam.

### 6. Perubahan Sifat Benda karena Diletakkan di Udara Terbuka

Dalam keadaan sangat dingin, air akan membeku. Es batu merupakan contohnya. Akan tetapi, jika es tidak berada di tempat yang dingin, maka es itu akan mencair. Es batu yang semula bersifat seperti benda padat, berubah menjadi

air dan bersifat seperti benda cair.

Karena perubahan sifat es batu itu, maka es batu atau es-es yang dijual harus disimpan di wadah yang khusus. Termos dapat menjaga benda di dalamnya dari pengaruh udara luar. Termos juga menjaga suhu benda di dalamnya tetap dingin, ayau tetap panas.

Penjual es batu berbentuk balok sering melumuri balok es dengan serbuk kayu atau menutupi es dengan karung goni. Serbuk kayu dan karung goni dapat mengurangi pengaruh udara dan panas di sekelilingnya. Dengan cara itu, es tidak mudah mencair, walaupun diletakkan di udara terbuka.

Kamper atau kapur barus di kamar mandi, makin lama ukuran kamper makin mengecil. Selain itu, bentuk kamper bisa berubah. Hal ini terjadi karena tidak semua bagian kamper yang dapat berubah secara bersamaan. Akhirnya, setelah beberapa hari kamper itu hilang.

Sesungguhnya, kamper telah mengalami perubahan wujud dari yang benda padat menjadi benda gas. Itulah sebabnya, kamar mandi menjadi harum jika kamper wangi diletakkan di situ.

Perubahan Wujud Zat digolongkan menjadi enam peristiwa. Wujud benda tidak selalu tetap. Setiap benda yang mendapat perlakuan tertentu pasti akan berubah baik wujud maupun bentuknya. Benda dapat berubah wujud, misalnya dari benda padat berubah menjadi benda cair ataupun sebaliknya. Perubahan wujud benda juga menyebabkan perubahan sifat benda. Berikut perubahan wujud benda.

### 1. Membeku

Peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi padat. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contohnya air yang membeku menjadi es batu.

### 2. Mencair

Peristiwa perubahan wujud zat dari padat menjadi cair. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contohnya es batu yang mencair menjadi air.

### 3. Menguap

Peristiwa perubahan wujud dari cair menjadi gas. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contohnya air yang dipanaskan akan menguap menjadi uap air.

### 4. Mengembun

Peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi cair. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contohnya butiran air embun yang menempel pada dedaunan.

### 5. Menyublim

Peristiwa perubahan wujud dari padat menjadi gas. Dalam peristiwa ini zat memerlukan energi panas. Contohnya butiran air embun yang menempel pada dedaunan.

### 6. Mengkristal atau *Disposisi*

Peristiwa perubahan wujud dari gas menjadi padat. Dalam peristiwa ini zat melepaskan energi panas. Contohnya uap iodine akan mengkristal jika didinginkan.

## C. Membandingkan Sifat Beberapa Benda Padat Dan Cair

### Benda cair

#### 1. Air

Setiap hari kita memanfaatkan air. Air dimanfaatkan untuk minum, memasak, mencuci, menyiram tanaman, mandi, dan sebagainya. Air mempunyai sifat antara lain, cair, tidak kental, tidak berbau, tidak berwarna (jernih), dan tidak berasa, mempunyai rasa dan berbau menandakan bahwa air tersebut sudah mengandung bahan-bahan yang lain.

#### 2. Minyak

Dalam kehidupan sehari-hari kamu sering menjumpai minyak. Minyak tersebut dapat berupa minyak tanah, minyak goreng, minyak wangi, dan minyak-minyak lainnya.

Berdasarkan asalnya, minyak dibagi menjadi tiga jenis, yaitu minyak bumi, minyak nabati, dan minyak hewani. Minyak bumi berasal dari bumi, minyak nabati bersal dari tumbuhan dan minyak hewani bersal dari hewan.

Samakah minyak dengan air? Minyak umunya berbentuk cair. Akibatnya, minyak memiliki kedua ciri dari benda cair, yaitu bentuknya berubah sesuai dengan wadah yang ditempati dan volumenya tetap. Namun minyak berbeda dengan air.

Minyak yang satu dengan minyak yang lainnya juga memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut meliputi bau, warna, fungsi, berat, kekentalan, dan sebagainya.

### 3. Sirup

Sirup termasuk benda cair karena bentuknya selalu berubah sesuai dengan bentuk wadahnya, sedangkan volumenya tetap. Meskipun begitu, sirup memiliki perbedaan bila dibandingkan dengan air ataupun minyak.

Sirup umumnya memiliki sifat, antara lain kental, berasa, berwarna, dan dapat dilarutkan di dalam air.

## **Benda padat**

### 1. Batu

Ambil beberapa macam batu yang berada di sekitarmu. Amati bentuk, warna, permukaan, dan kekerasannya. Tentu semua batu tersebut berbeda karena ada yang berbentuk bulat, ada yang berbentuk pipih, ada yang berwarna hitam, merah, abu-abu, bahkan putih atau kuning. Permukaannya pun ada yang halus, ada yang kasar, ada pula yang berpori.

### 2. Kayu

Kayu berasal dari pohon. Sifat-sifat kayu juga berbeda-beda, tergantung dari asal pohonnya. Misalnya kayu yang berasal dari pohon jati. Kayu jati umumnya bersifat kuat, lebih berat, dan lebih keras dari pada kayu yang berasal dari pohon akasia.

Kayu secara umum memiliki sifat, antara lain, kuat, tidak mudah pecah, tahan lama, namun mudah terbakar.

### 3. Besi

Besi termasuk benda padat hasil olahan manusia, namun bahannya berasal dari alam. Baha dari besi disebut bijih



besi.

Besi sangat kuat dan tahan lama. Oleh sebab itu, besi biasanya digunakan untuk membuat bahan bangunan, membuat motor, mobil, kereta api, bahkan pesawat terbang. Besi juga digunakan untuk membuat peralatan rumah tangga. Sifat-sifat besi selain kuat dan tahan lama juga keras, relatif berat, dan tidak mudah terbakar.

#### 4. Plastisin (Lilin Mainan)

Plastisin atau lilin mainan termasuk benda padat. Plastisin bisa kita bentuk-bentuk sesuai dengan keinginan kita. Karena mudah kita bentuk plastisin adalah benda padat yang lunak dan mudah dibentuk.

#### 5. Tanah Liat

Tanah liat merupakan bagian tanah yang sangat halus. Ukuran butiran-butiran tanah liat sangat kecil sehingga tidak dapat kita lihat tanpa menggunakan alat bantu. Tanah liat umumnya berwarna cokelat kemerahan, basah, lengket, dan mengering jika dibakar.

Seperti halnya plastisin, tanah liat juga mudah dibentuk. Peralatan rumah tangga dan benda-benda hiasan juga banyak yang terbuat dari tanah liat yang disebut gerabah atau keramik. Pot tumbuhan, vas bunga, genteng, kendi, dan kuili adalah contoh benda yang terbuat dari tanah liat.

### **C. SIMPULAN**

Di alam ini terdapat tiga wujud benda, yaitu padat, cair dan gas. Ketiga wujud tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda.

Benda dapat berubah wujud, misalnya dari benda padat berubah menjadi benda cair ataupun sebaliknya. Perubahan wujud benda juga menyebabkan berubah pula sifat benda tersebut.

Benda dapat mengalami perubahan karena berbagai peristiwa. Benda dapat berubah ukuran, bentuk, warna atau rasanya. Karena perubahan itu pulalah kita dapat memanfaatkan benda tersebut menjadi sesuatu yang berguna.



---

# BAB IX

---

## GETARAN

### A. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, kebutuhan manusia semakin kompleks dan semakin beragam, dimana kebutuhannya tersebut tergantung pada era pembangunan yang senantiasa berkembang demi tercapainya masyarakat adil dan makmur. Didorong oleh kebutuhan manusia yang semakin kompleks tersebut dan keinginan untuk memperoleh kemudahan-kemudahan dalam hidupnya, maka manusia senantiasa berfikir untuk terus mengembangkan teknologi yang telah ada guna menemukan teknologi baru yang bermanfaat bagi kehidupan umat manusia.

Sejalan dengan itu bangsa Indonesia telah mampu menerapkan disiplin ilmu keteknikan dalam berbagai bidang teknologi demi menunjang keberhasilan industrialisasi. Bidang industri sebagai salah satu sasaran pembangunan jangka panjang meliputi beberapa sektor pembangunan yang luas, diantaranya adalah bidang konstruksi, perencanaan dan elemen mesin, perencanaan pesawat pengangkat, struktur rangka dari crane, konstruksi jembatan dan sebagainya.

Salah satu persoalan yang sangat penting diperhatikan dalam perencanaan-perencanaan tersebut adalah perhitungan getaran pada gerak bolak balik disekitar kesetimbangan, dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut getaran juga terbagi menjadi dua yaitu getaran bebas dan getaran paksa. Getaran dapat dipahami dengan mempelajari model sederhana masa-pegas-peredam-kejut. Contohnya seperti zaman sekarang yang banyak sering dipakai dikendaraan mobil dan motor yaitu pegas.

Perhitungan getaran juga sangat penting dan identik. Dan kita juga dapat mempelajari ilmu basic dari sistem uji getaran maka akan dengan mudah kita mengaplikasikan perhitungan tersebut ketika ditemukan dilapangan.

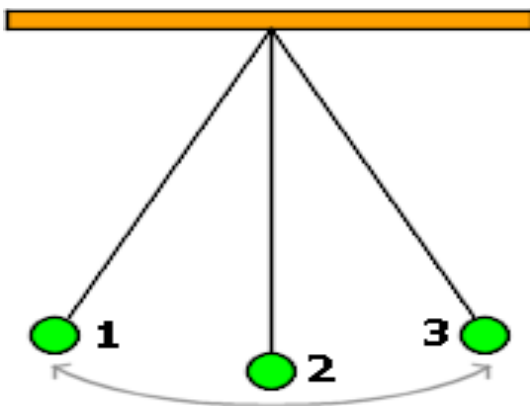
## **B. URAIAN MATERI**

### **2.1 Pengertian Getaran**

Bergetar adalah gerak bolak-balik secara teratur di sekitar titik keseimbangan. Karena gerak getar yang terjadi bolak-balik secara teratur, getaran juga sering disebut **gerak periodik** atau gerak berkala. Beberapa contoh getaran adalah gerak naik turun bendayang digantungkan pada pegas, gerak ayunan sebuah bandul yang digantung dengan tali, dan gerak naik turun air dalam pipa U.

#### **Periode dan Frekuensi Getaran**

Perhatikan gambar berikut ini!



Gambar 24. Ayunan bandul

- titik merupakan 2 titik keseimbangan
- simpangan terbesar terjauh bandul ( ditunjuk kan dengan jarak  $1-2 = 2-3$  ) disebut **amplitudo** getaran
- jarak tempuh  $2 - 1 - 3 - 1$  disebut satu getaran penuh

### Amplitudo

Dalam gambar 2 telah disebutkan bahwa amplitudo adalah simpangan terbesar dihitung dari kedudukan seimbang. Amplitudo diberi simbol **A**, dengan satuan **meter**.

### Periode Getaran

Periode getaran adalah waktu yang digunakan dalam satu getaran dan diberi simbol **T**. Untuk gambar ayunan di atas, jika waktu yang diperlukan oleh bandul untuk bergerak dari 1 ke 2, ke 3, ke 1, dan kembali ke 2 adalah 0,2 detik, maka periode getaran bandul tersebut 0,2 detik atau  $T = 0,2$  detik = 0,2 s

Rumus mencari periode suatu getaran (T)

$$T = \frac{t}{n} = \frac{1}{f}$$

T = Periode (s)

T = waktu ( s)

N = banyaknya getaran/jumlah getaran

F = frekuensi (Hz)

*Periode suatu getaran tidak tergantung pada amplitudo getaran.*

### **Frekuensi Getaran**

Frekuensi getaran adalah jumlah getaran yang dilakukan oleh sistem dalam satu detik, diberi simbol  $f$ . Untuk sistem ayunan bandul di atas, jika dalam waktu yang diperlukan oleh bandul untuk bergerak dari 2 ke 1, 1 ke 3, 3 ke 1, dan kembali ke 2 sama dengan 0,2 detik, maka :

- dalam waktu 0,2 detik bandul menjalani satu getaran penuh
- dalam waktu 1 detik bandul menjalani 5 kali getaran penuh

Dikatakan bahwa frekuensi getaran sistem bandul tersebut adalah 5 getaran/detik atau  $f = 5 \text{ Hz}$ .

Rumus mencari frekuensi getaran :

$$f = \frac{n}{t}$$

f = frekuensi (Hz)

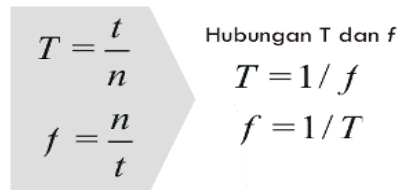
n = banyaknya getaran/jumlah getaran

t = waktu (s)

- Hubungan Periode dan frekuensi Getaran :

Besar periode berbanding terbalik dengan frekuensi.

Dengan rumus seperti di bawah ini :



Hubungan T dan f

$$T = \frac{t}{n}$$
$$f = \frac{n}{t}$$
$$T = 1 / f$$
$$f = 1 / T$$

f = frekuensi (Hz)    n = getaran  
T = perioda (s)        t = waktu (s)

Banyak manfaat getaran dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, senar gitar yang bergetar dapat menghasilkan suara yang merdu, udara yang bergetar pada seruling dapat menghasilkan suara yang merdu, dan bandul yang berayun pada jam dapat digunakan sebagai petunjuk waktu.

Setiap benda yang bergetar pasti mempunyai simpangan getar. Simpangan getar yang dimaksud adalah jarak kedudukan benda dari titik seimbangnya. Adapun simpangan getar yang paling jauh disebut amplitudo. Amplitudo merupakan besaran panjang sehingga untuk menempuh amplitudo suatu getaran diperlukan waktu tertentu. Untuk menempuh lintasan satu getaran juga diperlukan waktu. Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran disebut periode.



Menentukan waktu yang diperlukan untuk bergetar, juga dapat menemukan banyak getaran tiap satuan waktu. Jumlah getaran yang terjadi setiap sekon disebut frekuensi getar. Frekuensi dinyatakan dalam satuan hertz (Hz).

## 2.2 Ciri-Ciri Getaran

Amplitudo merupakan besaran panjang sehingga untuk menempuh amplitudo suatu getaran diperlukan waktu tertentu. Oleh karena itu waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran disebut periode. Semua getaran memiliki ciri-ciri tertentu, getaran merupakan jenis gerak yang mudah kamu jumpai dalam kehidupan sehari-hari, baik gerak alamiah maupun buatan manusia. Pada dasarnya ciri-ciri getaran memiliki **frekuensi ( $f$ )** dan **periode ( $T$ )**.

*Frekuensi* adalah banyaknya getaran yang terjadi dalam waktu 1 detik sedangkan *periode* adalah waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya 1 getaran sempurna. Suatu getaran akan bergerak dengan frekuensi alamiah sendiri.

Hubungan frekuensi dan periode secara matematis ditulis sebagai

Semua getaran memiliki ciri-ciri tertentu, getaran merupakan jenis gerak yang mudah kamu jumpai dalam kehidupan sehari-hari, baik gerak alamiah maupun buatan manusia. Pada dasarnya ciri-ciri getaran memiliki **frekuensi ( $f$ )** dan **periode ( $T$ )**.

**Setiap benda yang bergetar pasti mempunyai simpangan getar. Simpangan getar yang dimaksud adalah jarak kedudukan benda dari titik setimbangnya. Adapun**

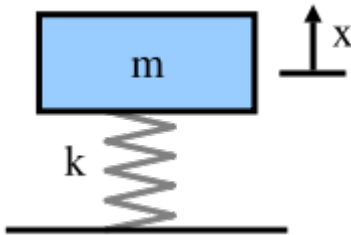
simpangan getar yang paling jauh disebut amplitudo.

Satu getaran dapat dikatakan sebagai gerak bolak-balik melalui titik setimbangnya, dengan panjang lintasan sama dengan 4 kali amplitudonya.

### 2.3 Jenis-Jenis getaran

1. **Getaran bebas**, terjadi bila sistem mekanis dimulai dengan gaya awal, lalu dibiarkan bergetar secara bebas. Contoh getaran seperti ini adalah memukul garpu tala dan membiarkannya bergetar, atau bandul yang ditarik dari keadaan setimbang lalu dilepaskan.

#### Getaran bebas tanpa peredam



Model massa-pegas sederhana.

Pada model yang paling sederhana redaman dianggap dapat diabaikan, dan tidak ada gaya luar yang memengaruhi massa (getaran bebas).

Dalam keadaan ini gaya yang berlaku pada pegas  $F_s$  sebanding dengan panjang peregangannya  $x$ , sesuai dengan hukum Hooke, atau bila dirumuskan secara matematis:

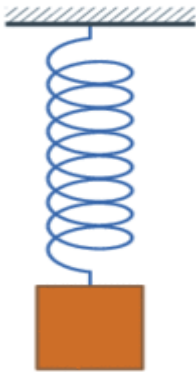
$$F_s = -kx$$

dengan  $k$  adalah tetapan pegas.

Sesuai Hukum kedua Newton gaya yang ditimbulkan sebanding dengan  $\Sigma F = ma = m\ddot{x} = m \frac{d^2x}{dt^2} =$

Karena  $F = F_s$ , kita mendapatkan persamaan diferensial biasa berikut:

$$m\ddot{x} + kx = 0.$$



Gerakan harmonik sederhana sistem benda-pegas

Bila kita menganggap bahwa kita memulai getaran sistem dengan meregangkan pegas sejauh  $A$  kemudian melepaskannya, solusi persamaan di atas yang memerikan gerakan massa adalah:

$$x(t) = A \cos(2\pi f_n t)$$

Solusi ini menyatakan bahwa massa akan berosilasi dalam gerak harmonis sederhana yang memiliki amplitudo  $A$  dan frekuensi  $f_n$ . Bilangan  $f_n$  adalah salah satu besaran yang terpenting dalam analisis getaran, dan dinamakan **frekuensi alami takredam**.

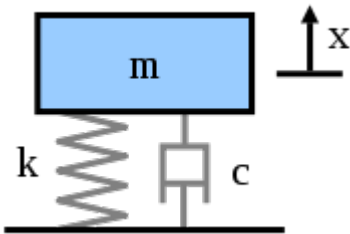
Untuk sistem massa-pegas sederhana,  $f_n$  didefinisikan sebagai:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Catatan: frekuensi sudut  $\omega$  ( $\omega = 2\pi f$ ) dengan satuan radian per detik kerap kali digunakan dalam persamaan karena menyederhanakan persamaan, namun besaran ini biasanya diubah ke dalam frekuensi “standar” (satuan Hz) ketika menyatakan frekuensi sistem.

Bila massa dan kekakuan (tetapan  $k$ ) diketahui frekuensi getaran sistem akan dapat ditentukan menggunakan rumus di atas.

### Getaran bebas dengan redaman



Bila peredaman diperhitungkan, berarti gaya peredam juga berlaku pada massa selain gaya yang disebabkan oleh peregangan pegas. Bila bergerak dalam fluida benda akan mendapatkan peredaman karena kekentalan fluida. Gaya akibat kekentalan ini sebanding dengan kecepatan benda. Konstanta akibat kekentalan (viskositas)  $c$  ini dinamakan koefisien peredam, dengan satuan N s/m (SI)

Solusi persamaan ini tergantung pada besarnya redaman. Bila redaman cukup kecil, sistem masih akan bergetar, namun pada akhirnya akan berhenti. Keadaan ini disebut kurang redam, dan merupakan kasus yang paling mendapatkan perhatian dalam analisis vibrasi. Bila peredaman diperbesar sehingga mencapai titik saat sistem tidak lagi beresilasi, kita mencapai titik **redaman kritis**. Bila peredaman ditambahkan melewati titik kritis ini sistem disebut dalam keadaan lewat redam.

Frekuensi alamiah teredam lebih kecil daripada frekuensi alamiah takredam, namun untuk banyak kasus praktis nisbah redaman relatif kecil, dan karenanya perbedaan tersebut dapat diabaikan. Karena itu deskripsi teredam dan takredam kerap kali tidak disebutkan ketika menyatakan frekuensi alamiah.

**Getaran paksa** getaran yang terjadi karena adanya gaya luar yang bekerja pada suatu sistem sehingga sistem tersebut bergetar. Bila gaya luar, biasanya  $f(t) = fc \sin \omega_n t$  atau  $fc \cos \omega_n t$  bekerja pada sistem getaran paksa. Sistem cenderung bergetar pada frekuensi sendiri di samping mengikuti gaya eksitasi. Dengan adanya gesekan bagian gerakan yang ditahan oleh gaya sinusoidal secara perlahan hilang. Dengan demikian, sistem akan bergetar pada frekuensi pribadi sistem. Bagian getaran yang berlanjut terus disebut getaran keadaan steady atau respon sistem keadaan steady dibutuhkan dalam analisa getaran karena efek sinambungnya.

$$X_p = \frac{Fc \sin(\omega_n t - \theta)}{((k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2)^{1/2}}$$

Sedang sudut fasanya adalah :

$$\theta = \tan^{-1} \frac{c \omega}{km\omega^2}$$

Dimana :

Xp = Amplitudo getaran

Fc = Besar gaya eksitasi

m = Massa sistem

c = Koefisien peredam

$\omega$  = Frekuensi gaya eksitasi

## 2.4 Aplikasi Getaran dalam Kehidupan Sehari-hari

1. Permukaan bumi akan bergetar, saat terjadi Gempa.
2. Senar Gitar akan bergetar saat dipetik.
3. Selaput suara kita bergetar, saat kita berbicara.
4. Bandul jam dinding yang sedang bergoyang
5. Ayunan anak-anak yang sedang dimainkan
6. Mistar plastik yang dijepit pada salah satu ujungnya, lalu ujung lain diberi simpangan dengan cara menariknya, kemudian dilepaskan tarikannya.
7. Pegas yang diberi beban.

## C. SIMPULAN

**Getaran adalah** gerak bolak-balik secara teratur di sekitar titik keseimbangan. Getaran memiliki frekuensi, amplitudo, periode. Beberapa contoh getaran adalah gerak naik turun bendayang digantungkan pada pegas, gerak ayunan sebuah bandul yang digantung dengan tali, dan gerak

naik turun air dalam pipa U

**Jenis getaran ada getaran bebas,** terjadi bila sistem mekanis dimulai dengan gaya awal, lalu dibiarkan bergetar secara bebas. Contoh getaran seperti ini adalah memukul garpu tala dan membiarkannya bergetar, atau bandul yang ditarik dari keadaan setimbang lalu dilepaskan. Ada **getaran paksa** merupakan getaran yang terjadi karena adanya gaya luar yang bekerja pada suatu sistem sehingga sistem tersebut bergetar.

# DAFTAR PUSTAKA

## Buku

- Abadi, Rinawan. 2006. *Fisika Untuk SMA / MA kelas X*. Lamongan: Intan Pariwara
- Abdullah, Mikrujuddin. 2006. *IPA Fisika 1*. Jakarta: Esis
- Astra, I Made dan Setiawan, Hilman. 2008. *Fisika Untuk SMA dan MA kelas X*. Jakarta: Piranti
- Astra, I Made. & Setiawan, Hilman. 2008. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Piranti Darma Kalokatama
- Astra, I Made. 2008. *Fisika*. Jakarta: Piranti
- Bueche, Frederick J & Eugene, hecht. 2006. *Fisika Universal Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Bueche, Frederick J., dkk. 2006. *Schaum's Outlines Teori dan Soal-Soal Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga
- Bueche, Frederick., dkk. 2009. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Chasanah Risdiani, dkk. 2012. *Detik – detik Ujian Nasional Fisika*. Jakarta: Intan Pariwara
- Chasanah, risdiyani. 2013. *Detik-detik ujian nasional fisika*. Jakarta: Intan Perwira
- Djoko, Nughroho. 2012. *Fisika untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Erlangga



- Dosen – dosen Fisika ITS. 2008. *Fisika 1 Soal – soal Seri C*. Surabaya: FMIPA ITS
- Dosen – dosen Fisika ITS. 2009. *Fisika Jilid 1*. Surabaya: FMIPA ITS
- Gautreau,Ronald., dkk.2007. *Fisika Modern Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 1 dan 2*. Jakarta: Erlangga
- Giancoli. 2001. *Fisika, Edisi Kelima, Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Hadiat. 2001. *Alam Sekitar Kita 1 Ilmu Pemgetahuan Alam Untuk Sekolah Dasar Kelas 3*. Jakarta : Balai Pustaka.
- Halliday, D. Resnick. 1985. *Fisika Jikid I edisi ketiga*. Jakarta: Erlangga
- Halliday,David., dkk. 2008. *Fisika Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Handayani, Sri & Damari, Ari. 2009. *Fisika Kelas X*. Jakarta: CV. Adi Perkasa.
- Haryanto. 2007. *SAINS untuk Sekolah Dasar Kelas III*. Jakarta: Erlangga (Gelora Aksara Pratama)
- Istamar, Syamsuri. 2007. *Biologi*. Malang: Erlangga.
- J. Bueche, Frederick, Eugene Hecht. 2006. *Teori dan Soal-soal Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- John.W Kimbal. 2007. *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, Marten. 2006. *Fisika untuk Kelas XI*. Jakarta: Erlangga

- Kanginan, Marthen. 2002. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Kanginan, Marthen. 2002. *Fisika untuk Kelas XI*. Bandung: Erlangga
- Kanginan, Marthen. 2002. *IPA Fisika*. Bandung: Erlangga
- Kanginan, Marthen. 2008. *Fokus Fisika*. Jakarta: Erlangga
- Kanginan, Marthen. 2014. *Fisika untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, Mraten. 2012. *Olimpiade Sains Nasional Fisika*. Bandung: Yrama Widya
- Kanginan, Marthen. 2013. *Fisika untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Karim, Saeful. 2008. *Belajar IPA*. Surakarta: Pusat Perbukuan
- Kartono, Agus. 2006. *1000 Pena Fisika SMP kelas VIII jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Kartono, Agus. 2007. *Seribu Pena Fisika*. Jakarta: Erlangga
- Karyono. & Palupi, Dwi Satya. & Suharyanto. 2009. *BSE Fisika 1*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Kertiasa, N. 1993. *Fisika 2*. Jakarta: PN Balai Pustaka.
- Lasmi, Ni Ketut. 2012. *SPM Fisika untuk SMA/MA*. Jakarta: Erlangga
- M. Musfiqun. 2012. *Metodologi penelitian pendidikan*. Jakarta: Prestasi pustaka
- M.D., Sularmi. 2008. *SAINS Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan.

- Mangunwiyoto, Widagdo dan Harjono. 2006. *Pokok-Pokok Fisika SMP untuk kelas VII*. Jakarta: Erlangga
- Marliani, Rosleby. 2013. *Buku: psikologi eksperimen*. Bandung: CV Pusaka setia
- Muharam, Aris. 2008. *Senangnya Belajar Bersama*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan.
- Naim, M. Dkk. 2006. *Fisika Lentera Ilmu*. Jakarta: Antar Surya Jaya.
- Nazir, Moh. 2013. *Buku: metode penelitian*. Bogor: Ghalia indonesia
- Nugroho, Djoko. 2009. *Mandiri Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Nugroho, Djoko. 2009. *Mandiri Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Nurhayati, Nunung. 2004. *Ringkasan dan Bank Soal Sains Fisika*. Bandung: Yrama Widya
- Nuryani, Rustama. 2014. *Sains biologi*. Bandung: Grafindo. media pratama.
- Priyono. Sayekti, Titik. 2008. *ILMU PENGETAHUAN ALAM 3 untuk SD dan MI Kelas III*. Jakarta: Bengawan Ilmu.
- Purwanto, Budi. 2006. *Theory and application of physics*. Solo: Tiga Serangkai
- Purwanto, Budi. 2012. *Fisika*. Solo: Global.
- Purwanto, Budi. 2012. *Fisika 1 untuk kelas X SMA dan MA*. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri
- Purwoko dan Efendi. 2010. *Fisika 1 SMA Kelas XI*. Jakarta: Yulistira

- Rahmini, Sri. Riyanto, Agus. 2007. *Ilmu Pengetahuan Alam Fisika 1 untuk SMP/MTS kelas VII*. Semarang: Aneka Ilmu.
- S. Rositawaty. 2008. *Senangnya Belajar Bersama*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan.
- S.P., Muchtar. Kasmuri. 2002. *Dunia IPA Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Yudhistira (Ghalia Indonesia).
- Saripudin, Aip, dkk. 2008. *Fisika Kelas X*. Jakarta: Visindo Media Persada.
- Sarjan. 2013. *Ujian Nasional Fisika*. Jakarta: Viva Pakarindo.
- Sears dan Zemansky. 1982. *Fisika untuk Universitas 1*. Bandung: Bina Cipta
- Soepomo. 1988. *Manusia dan Alam Sekitarnya 1*. Jakarta: General Print.
- Sudarmo, Unggul. 2013. *KIMIA untuk SMA/MA kelas X*. Jakarta: Erlangga
- Sugiarto. Teguh. Ismawati, Eny. 2008. *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTS kelas VII*. Jakarta: Adi Perkasa
- Sumarsono, Joko. 2008. *Fisika Kelas X*. Jakarta: CV. Teguh Karya.
- Suryanti, dkk. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD untuk Program Studi D2 PGSD*. Surabaya: Semi-Que V.
- Syamsuri, Istamar., dkk. 2006. *BIOLOGI untuk SMA kelas X semester 1*. Jakarta: Erlangga
- Tim Erlangga Fokus SMA. 2012. *Fokus UN SMA/MA*. Jakarta: Erlangga

- Tri Widodo, Suparmo. 2009. *Panduan Pembelajaran Fisika untuk SMA/MA kelas X*. Jakarta: CV Karya Mandiri Nusantara.
- Vidia,Gaih., dkk. 2010. *Olimpiade Fisika SMA*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Widodo, Tri. 2009. *Fisika : untuk SMA dan MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Wijayanti. 2008. *SAINS Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan.
- Yaz,M. Ali. 2007. *Fisika 2 SMA kelas XI*. Jakarta: Yudhistira
- Young Hugh D, dkk. 2001. *Fisika Universitas Edisi Ke-10 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Young, Freedman. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Young, Hugh D,dkk. 2001. *Fisika Universitas Edisi ke Sepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Young, Hugh D., dkk. 2007. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Zemansky, Sears. 1982. *Fisika untuk Universitas 1 Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Binacipta.
- Zemansky,Sears. 1982. *Fisika untuk Universitas 1 Mekanika Panas Bunyi*. Bandung: Binacipta.
- Zubaidah, Siti. 2014. *Sains*. Jakarta: Kemdikbud

## Online

- Adila Ziyarahmi.2010.Usaha dan Energi.(online).<http://adilaziyarahmi.blogdetik.com/usaha-dan-energi/>. diakses 12/02/2015
- Anonim.2014.Konsep Impuls dan Momentum. Dalam <https://fisikareview.wordpress.com/2014/01/18/konsep-impuls-dan-momentum/>. Di unduh Jum'at, 13 Februari 2015 pukul 23:10 WIB.
- Anonim.2014.Materi Fisika Rumus Impuls dan Momentum. Dalam <http://tscribbles.blogspot.com/2014/09/materi-fisika-rumus-impuls-momentum.html>. Di unduh Jum'at, 13 Februari 2015 pukul 23:14 WIB.
- Anugrah, Aghry Wiranata. 2013. wujud-dan-sifat-zat. (Online). <http://aghrywiranata.blogspot.com/2013/03/wujud-dan-sifat-zat.html>. Di akses 14 Februari 2015.
- Fahliadi, Muhammad. 2013. memahami-sifat-sifat-perubahan-sifa. (Online). <http://muhammadfahliadi.blogspot.com/2013/08/memahami-sifat-sifat-perubahan-sifat.html>. Di akses 14 Februari 2015.
- Fajar, Ayu.2012. Besaran dan Satuan. (online) <http://ayufajartatik04.blogspot.in/2012/11/bab-1-besaran-dan-satuan-fisika-kelas-x.html>, Diakses pada 13 Pebruari 2015
- Gumimari.2014.Makalah Usaha dan Energi.(online).<http://gumimari.blogspot.com/2014/05/makalah-usaha-dan-energi.html>.diakses 12/02/2015
- Hardianti,Hartin.2013.Makalah Impuls dan Momentum. Dalam <http://hartinhardiantins.blogspot.com/2013/11/makalah-impuls-dan-momentum.html>. Di unduh Selasa, 11 Februari 2015 pukul 18:47 WIB.
- <http://alljabbar.wordpress.com/2008/03/23/kalor/>

- <http://atikaeffendy.blogspot.com/2013/04/makalah-getaran-gelombang-dan-bunyi.html> (online). Di akses 15 Februari 2015.
- <http://duniamenarikgary.blogspot.com/2012/08/hubungan-kalor-dengan-kenaikan-suhu.html>
- <http://fisikanesia.blogspot.com/2013/03/mengenal-4-skala-termometer.html>
- <http://huriyahnharty.blogspot.com/2013/11/makalah-dinamika-partikel> diakses tanggal 15 Februari 2015
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Getaran> (online). Di akses 15 Februari 2015.
- [http://ids.sman1slawi.sch.id/CONTENT/Fisika/DinamikaPartikel%20\(test\)/semua.pdf](http://ids.sman1slawi.sch.id/CONTENT/Fisika/DinamikaPartikel%20(test)/semua.pdf). diakses tanggal 13 Februari 2015
- <http://its-mecool.blogspot.com/2013/12/suhu-dan-kalor-kelas-x.html>
- <http://maimumedia.blogspot.com/2013/07/pengertian-getaran.html> (online). Di akses 15 Februari 2015.
- <http://mastugino.blogspot.com/2014/06/hubungan-antar-satuan-suhu.html>
- <http://maudyr10pgsd.blogspot.com/2013/04/getaran-dan-gelombang.html> (online). Di akses 15 Februari 2015.
- <http://wadhybelajar.blogspot.com/2013/02/dinamikahukum-newton gaya-gesek gaya.html>. diakses tanggal 16 Februari 2015
- [http://www.academia.edu/4731381/BESARAN\\_DAN\\_SISTEM\\_SATUAN](http://www.academia.edu/4731381/BESARAN_DAN_SISTEM_SATUAN), Diakses pada 15 Pebruari 2015
- <http://www.scribd.com/doc/144408681/Makalah-Dinamika-Partikel> diakses tanggal 14 Februari 2015

- <http://www.slideshare.net/riandasangenterpreneur/dinamika-parrtikel-40354165>. diakses tanggal 13 Februari 2015
- <https://brightandme.wordpress.com/2013/02/06/fisika-suhu-dan-kalor/>
- <https://kurniarita.wordpress.com/ipa1/besaran-dan-satuan-2/materi-besaran-dan-satuan/>, Diakses pada 15 Pebruari 2015
- Kurnia, Rita.2013. MATERI BESARAN DAN SATUAN (online)
- Mastugino. 2013. Sifat-sifat benda.. (Online). <http://mastugino.blogspot.com/2013/10/sifat-sifat-benda.html>. Di akses 14 Februari 2015
- Maulana,Putri.2013.Pengertian Momentum dan Impuls, Hukum Kekekalan, Energi, Tumbukan, Aplikasi Kehidupan, Rumus, Contoh Soal, Kunci Jawaban. Dalam <http://perpustakaan cyber.blogspot.com>. Di unduh Selasa, 11 Februari 2015 pukul 18:46 WIB.
- Minhoos, Yunia. 2014. Makalah Identitas Nasional. (Online). <https://yuniaminhoos.wordpress.com/2014/11/04/benda-dan-sifat-sifatnya/>. Di akses 14 Februari 2015.
- Muchlis.2014.Makalah Impuls dan Momentum. Dalam <http://muchlis27.blogspot.com/2014/05/momentum-dan-impuls-makalah.html>. Di unduh Selasa, 11 Februari 2015 pukul 18:47 WIB.
- Potensial.(online).<http://fisikablogscience.blogspot.com/2009/12/energi-potensial-dan-energi-kinetik.html>.diakses 12/02/2015
- Rahmawati, Siti.2012. BESARAN DAN SISTEM SATUAN (online)
- Satya.Makalah Energi dan Usaha.(online).<http://www.slideshare.net/dekssatya/makalah-energi-dan-usaha>,diakses 12/02/2015



- Supardi,Wayan.2012.Momentum dan Impuls. Dalam <https://wayansupardi.files.wordpress.com/>. Di unduh Selasa, 11 Februari 2015 pukul 18:49 WIB.
- Wikipedia.2004.[http://id.m.wikipedia.org/wiki/Pesawat\\_sederhana](http://id.m.wikipedia.org/wiki/Pesawat_sederhana)
- Wikipedia.2005. [.http://id.m.wikipedia.org/wiki/Bidang\\_miring](http://id.m.wikipedia.org/wiki/Bidang_miring)
- Zahra, Sita Jullanar . 2014. sifat-sifat-zat-berdasarkan-wujudnya-dan-penerapannya-dalam-kehidupan-sehari-hari-2. (Online). <https://sitajullanarzahra.wordpress.com/ipa-1/sifat-sifat-zat-berdasarkan-wujudnya-dan-penerapannya-dalam-kehidupan-sehari-hari-2/>. Di akses 14 Februari 2015.