

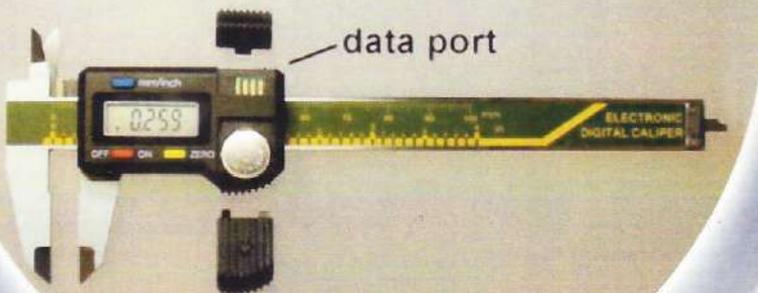
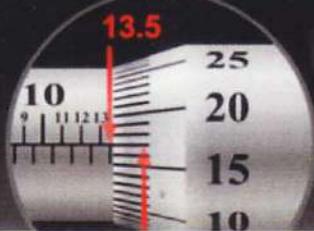
ISBN: 978-602-1664-05-6

Fisika Dasar 1

Anasufi Banawi, M.Pd

Hasil pembacaan:

= 13,5 mm + 0,17 mm



PENERBIT



DUA SATU PRESS
www.cv-21.com

Penerbit Dua Satu Press

Bekerjasama Dengan

Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan
Institut Agama Islam Negeri Ambon



FISIKA DASAR I

ISBN : 978-602-1664-05-6

Jumlah Halaman : 194, xii

Ukuran Buku : 15,5 cm x 23 cm

Penulis : Anasufi Banawi, M.Pd

Desain : Ruslan

Ilustrasi : Agussalim Pundu

Layout : Muhammad Iqbal S

Diterbitkan Oleh : DUA SATU PRESS

Jl. Perintis Kemerdekaan 9 No. 5A Makassar

Sulawesi-Selatan

www.cv-21.com

Dicetak Oleh : CV.21COM

Cetakan Pertama Desember 2013

Hak cipta dilindungi undang-undang

All rights reserved



Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian
atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik
secara elektronik maupun mekanis, termasuk
memfotokopi, merekam atau dengan sistem
penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit

Sanksi Pelanggaran
Pasal 72 UU Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Kata Pengantar



Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas segala rahmat-Nya sehingga Buku Ajar Fisika Dasar I ini dapat terselesaikan.

Perubahan global yang berlangsung cukup cepat menempatkan fisika sebagai salah satu ilmu pengetahuan pendukung kemajuan teknologi. Oleh karena diperlukan penguasaan fisika yang cukup mendalam bagi peserta didik. Buku ini ditulis dengan maksud untuk memenuhi kebutuhan para mahasiswa, khususnya mahasiswa Jurusan Pendidikan Matematika dan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah Ilmu Keguruan IAIN Ambon akan buku ajar Fisika Dasar I. Dalam buku ini disajikan konseptual materi disertai gambar secara sederhana, contoh-contoh soal beserta pembahasannya. Selain itu, pada setiap akhir Bab diberikan soal-soal latihan yang kontekstual dan bervariasi (soal pilihan ganda maupun essay), glosarium dan daftar pustaka dengan maksud mahasiswa dapat berlatih dan menguasai materi Fisika Dasar I secara efisien dan efektif.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Tim Reviewer dan kepada semua pihak, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk merevisi demi kesempurnaan buku ini.

Akhirnya, semoga amal usaha kita selalu diridhoi Allah SWT, sehingga buku ini bermanfaat. Amien.

Ambon, 19 November 2013

Anasufi Banawi, M.Pd

SILABUS

Identitas Mata Kuliah

1. Nama Mata Kuliah : **FISIKA DASAR I**
2. Kode Mata Kuliah/SKS : MKK-105
3. Bobot : 3(1) SKS
4. Mata Kuliah Prasyarat : -
5. Program Studi : Pendidikan Biologi
6. Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan IAIN Ambon
7. Elemen Kompetensi : Keilmuan dan Keterampilan
8. Jenis Kompetensi : Pendukung
9. Alokasi Waktu : 16 s.d 22 kali pertemuan

Standar Kompetensi:

Mahasiswa mampu menerapkan konsep besaran fisika, menuliskan dan menyatakannya dalam sistem satuan SI dan mampu mengajarkannya pada siswa sekolah lanjutan dengan baik dan benar.

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK	STRATEGI PEMBELAJARAN	ALOKASI WAKTU	SUMBER BAHAN	PENILAIAN
1.	Mengukur besaran-besaran fisika dengan alat yang sesuai dan mengolah data hasil dengan menggunakan aturan angka penting.	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengukuran dengan benar berkaitan dengan besaran pokok panjang, massa, waktu, dengan mempertimbangkan aspek ketepatan (akurasi) dan ketelitian • Mengolah data hasil pengukuran dan menyajikannya dalam bentuk tabel dan grafik dengan menggunakan penulisan angka penting dan mampu menarik kesimpulan tentang besaran fisis yang diukur berdasarkan hasil yang telah disajikan dalam bentuk grafik • Menunjukkan kecapakan individu dan kerja sama dalam kelompok 	Besaran dan Satuan <ul style="list-style-type: none"> • Pengertian pengukuran • Jenis-jenis kesalahan dalam pengukuran • Pengertian besaran dan pengertian satuan • Analisis dimensional • Aturan angka penting 	<ul style="list-style-type: none"> • Penjelasan pendahuluan dan <i>Reading Guide</i> 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu • Tugas individu • Tugas individu & Kelmpk
2.	Membedakan besaran pokok dan besaran turunan beserta satuannya.	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi perbedaan besaran pokok dan besaran turunan serta dapat memberikan contohnya dalam kehidupan sehari-hari • Menunjukkan perilaku yang menampakkan minat dalam kuliah 	Besaran dan Satuan <ul style="list-style-type: none"> • Besaran pokok • Besaran turunan 	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan, <i>Short Cards</i> 		A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu • Responsi

3.	Mempredikasi dimensi suatu besaran dan melakukan analisis dimensional.	<ul style="list-style-type: none"> Menerapkan analisis dimensional dalam pemecahan masalah 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi besaran pokok Pemanfaatan dimensi besaran 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan, <i>Indeks Card Match</i> 		A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
4.	Melakukan penjumlahan dan perkalian dua buah vektor atau lebih.	<ul style="list-style-type: none"> Menghitung jumlah dua buah vektor atau lebih Menentukan besar perkalian dua vektor 	<ul style="list-style-type: none"> Besaran vektor Penjumlahan dua vektor dengan metode poligon, jajaran genjang dan rumus cosinus. Jumlah vektor dengan cara analisis Perkalian vektor 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 		A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
5.	Mendiskripsikan karakteristik gerak melalui analisa vektor	<ul style="list-style-type: none"> Menentukan hubungan antara posisi, kecepatan dan percepatan pada gerak translasi Menentukan persamaan fungsís sudut, kecepatan sudut dan percepatan sudut 	Kinematika Gerak Partikel <ul style="list-style-type: none"> Kinematika Gerak Translasi: Persamaan: posisi, kecepatan dan percepatan Kinematika Gerak Rotasi: persamaan posisi sudut, kecepatan sudut dan percepatan sudut 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
6.	Menganalisis besaran-besaran fisika pada Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).	<ul style="list-style-type: none"> Menyimpulkan karakteristik GLB dan GLBB melalui percobaan dan pengukuran besaran-besaran terkait Menerapkan besaran-besaran fisika dalam GLB dan GLBB dalam bentuk persamaan dan menggunakannya dalam pemecahan masalah Menunjukkan perilaku yang menampilkan minat dalam melakukan kerja sama dalam melakukan kegiatan laboratorium 	Kinematika Gerak Partikel <ul style="list-style-type: none"> GLB GLBB 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 		A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
7.	Menjelaskan Hukum Newton sebagai konsep dasar dinamika dan mengaplikasikannya dalam persoalan-persoalan dinamika sederhana.	<ul style="list-style-type: none"> Mendeskripsikan pengertian Hukum-hukum Newton tentang gerak dengan menggunakan gambar (diagram) gaya dan memberikan contoh serta aplikasinya Mendeskripsikan pengertian gaya berat dan gaya gesekan, serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari Mendeskripsikan konsep gaya sentripetal pada Gerak Melingkar Beraturan Menunjukkan kecakapan individu dan sosial dalam kerja kelompok 	Dinamika Partikel <ul style="list-style-type: none"> HK I Newton HK II Newton HK III Newton 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
8.	Menginterpretasikan Hukum-hukum Newton dan penerapannya pada gerak benda	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisis gerak benda di bawah pengaruh gesekan Menerapkan Hukum-hukum Newton tentang Gravitasi Menganalisis gerak di bawah pengaruh gaya pegas 	Dinamika Gerak <ul style="list-style-type: none"> Gaya Gesekan Medan Gravitasi Gaya PegasHK I Newton 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu

9.	Memprediksi Besaran-besaran fisika pada Gerak Melingkar Beraturan (GMB) dan Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB).	<ul style="list-style-type: none"> Menjelaskan karakteristik gerak melingkar beraturan (GMB) dan Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB) Merumuskan percepatan sentripetal pada gerak melingkar 	Dinamika Gerak <ul style="list-style-type: none"> GMB GMBB 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu Kuis
10.	Membedakan konsep energi, usaha dan daya serta mampu mencari hubungan antara usaha dan perubahan energi.	<ul style="list-style-type: none"> Memformulasikan hubungan antara gaya, usaha, energi dan daya ke dalam bentuk persamaan Menunjukkan kaitan antara usaha dan perubahan Energi Kinetik 	Usaha dan Energi <ul style="list-style-type: none"> Energi Potensial Energi Kinetik Energi Mekanik 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
11.	Menerapkan Hukum Kekekalan Energi Mekanik dalam kehidupan sehari-hari.	<ul style="list-style-type: none"> Merumuskan Hukum Kekekalan Energi Mekanik pada medan gaya konservatif Menerapkan Hukum Kekekalan Energi Mekanik dalam persoalan sehari-hari 	Usaha dan Energi <ul style="list-style-type: none"> Energi Potensial Energi Kinetik Usaha dan Energi 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
12.	Memformulasikan konsep Impuls sebagai deskripsi interaksi dan momentum sebagai deskripsi keadaan ke dalam bentuk persamaan.	<ul style="list-style-type: none"> Merumuskan Hukum Kekekalan Momentum untuk sistem tanpa gaya luar Menerapkan prinsip-prinsip Kekekalan Momentum untuk menyelesaikan masalah yang menyangkut interaksi melalui gaya-gaya internal Mengintegrasikan Hukum Kekekalan Energi dan Momentum untuk peristiwa Tumbukkan 	Momentum Linier dan Impuls <ul style="list-style-type: none"> Pengertian momentum Hukum Kekekalan momentum Jenis-jenis tumbukkan 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu Kuis
13.	Memformulasikan hubungan antara konsep torsi, momentum sudut, dan momen inersia	<ul style="list-style-type: none"> Dapat memformulasikan hubungan antara konsep torsi, momentum sudut, dan momen inersia berdasarkan hukum II Newton serta penerapannya dalam masalah benda tegar Memformulasikan pengaruh torsi pada sebuah benda dalam kaitannya dengan gerak rotasi benda tersebut Mengungkap analogi hukum II Newton tentang gerak translasi dan gerak rotasi Memformulasikan momen inersia untuk berbagai bentuk benda tegar Memformulasikan hukum kekekalan momentum sudut pada gerak rotasi Menganalisis masalah dinamika rotasi benda tegar untuk berbagai keadaan Menganalisis gerak menggelinding tanpa slip Menunjukkan perilaku yang menampilkan minat dalam melakukan kerja sama dalam melakukan kegiatan laboratorium 	Dinamika Rotasi Benda Tegar <ul style="list-style-type: none"> Keseimbangan Benda Tegar Titik Berat 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu
14.	Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan	<ul style="list-style-type: none"> Menjelaskan pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan dan gerak getaran Menentukan kaitan konsep gaya pegas dengan elastisitas bahan Menunjukkan perilaku yang menampilkan 	<ul style="list-style-type: none"> Elastisitas bahan 	<ul style="list-style-type: none"> ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> Tugas individu

		minat dalam melakukan kerja sama dalam melakukan kegiatan laboratorium					
15.	Menganalisis hukum-hukum yang berhubungan dengan fluida statik dan dinamik dan dapat menerapkan konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari	<ul style="list-style-type: none"> • Menerapkan hukum dasar fluida statik pada pemecahan masalah sehari-hari • Menerapkan hukum dasar fluida dinamik pada pemecahan masalah 	Mekanika Fluida <ul style="list-style-type: none"> • Hukum dasar fluida statik • Viskositas pada fluida • Asas kontinuitas • Asas Bernoulli 	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu
16.	Melakukan kajian ilmiah untuk mengenali gejala dan ciri-ciri gelombang secara umum serta penerapannya.	<ul style="list-style-type: none"> • Memformulasikan perambatan gelombang pada medium • Mengaplikasikan sifat-sifat gelombang dalam pemecahan masalah • Mengaplikasikan superposisi gelombang dalam pemecahan masalah kehidupan sehari-hari • Menunjukkan kemampuan kerja sama dalam kegiatan laboratorium 	Gerak Harmonik Sederhana	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu
17.	Mendiskripsikan gejala dan ciri-ciri gelombang bunyi	<ul style="list-style-type: none"> • Memformulasikan sifat-sifat dasar gelombang bunyi • Merancang percobaan untuk mengukur cepat rambat bunyi 	Ciri-ciri Gelombang Bunyi	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu
18.	Menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dalam teknologi	<ul style="list-style-type: none"> • Merancang percobaan untuk menentukan hukum pemantulan bunyi • Mengamati gejala pembiasan, dan difraksi gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari • Memformulasikan gejala interferensi, efek Dopler dan pelayangan gelombang bunyi • Memformulasikan tinggi nada bunyi pada beberapa alat penghasil bunyi • Memformulasikan intensitas dan taraf intensitas bunyi • Mengaplikasikan gelombang bunyi berdasarkan frekuensinya 	<ul style="list-style-type: none"> • Gejala Gelombang Bunyi • Gelombang stasioner pada sumber bunyi • Taraf intensitas dan aplikasi bunyi 	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu
19.	Menganalisis dan menerapkan peristiwa yang berkaitan dengan kalor.	<ul style="list-style-type: none"> • Memaparkan faktor-faktor yang mempengaruhi pemuain • Menganalisis pengaruh kalor terhadap suhu dan wujud 	Suhu dan Kalor	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu
20.	Mendiskripsikan sifat-sifat gas ideal monoatomik	<ul style="list-style-type: none"> • Memformulasikan hukum Boyle-Gay Lussac • Menggunakan persamaan keadaan gas ideal • Menerapkan persamaan keadaan gas ideal dalam kehidupan sehari-hari 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas Ideal 				<ul style="list-style-type: none"> •
21.	Menganalisis perubahan keadaan gas ideal	<ul style="list-style-type: none"> • Memformulasikan tekanan gas dari sifat mikroskopik gas • Memformulasikan energi kinetik dan kecepatan rata-rata partikel gas • Memformulasikan teorema ekipartisi energi 	Tekanan dan Energi Kinetik menurut teori kinetik gas	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu

22.	Menganalisis dan menerapkan Hukum-hukum Termodinamika.	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis keadaan gas berdasarkan diagram P-V, P-T dan V-T • Mengaplikasikan Hukum-hukum Termodinamika pada masalah fisika sehari-hari • Menunjukkan minat dalam kuliah 	Termodinamika <ul style="list-style-type: none"> • Eori Kinetik Gas • Persamaan keadaan gas • Hukum-hukum Termodinamika • Siklus Termodinamika 	<ul style="list-style-type: none"> • ceramah, diskusi, dan latihan 	200'	A1, A3, A4, A5	<ul style="list-style-type: none"> • Tugas individu • Kuis
-----	--	--	--	---	------	----------------	--

Ambon, 1 September 2013

Dosen Pengampu,

Anasufi Banawi, S.Pd., M.Pd
NIP. 197605112003121002

DAFTAR ISI

		Halaman
HALAMAN JUDUL		i
KATA PENGANTAR		ii
DAFTAR ISI		iii
BAB I	BESARAN DAN SATUAN	1
	A. Besaran dalam Fisika	2
	B. Sistem Satuan	2
	C. Dimensi	3
	D. Angka Penting	3
	E. Contoh Soal dan Penyelesaian	5
	F. Soal-soal Latihan	6
	G. Glosarium	7
	H. Daftar Pustaka	8
BAB II	VEKTOR	9
	A. Pengertian	10
	B. Operasi pada Vektor	10
	C. Vektor Satuan	13
	D. Contoh Soal dan Penyelesaian	15
	E. Soal-soal Latihan	16
	F. Glosarium	17
	G. Daftar Pustaka	18
BAB III	KINEMATIKA PARTIKEL	19
	A. Pengertian	20
	B. Kelajuan dan Kecepatan	20
	C. Perlajuan dan Percepatan	21
	D. Persamaan Gerak	21
	E. Contoh Soal dan Penyelesaian	26
	F. Soal-soal Latihan	27
	G. Glosarium	28
	H. Daftar Pustaka	29
BAB IV	DINAMIKA PARTIKEL	30
	A. Pengertian	31
	B. Hukum Newton	31
	C. Berat dan Massa	31
	D. Gaya Gesek	32
	E. Penerapan Hukum Newton	33
	F. Contoh Soal dan Penyelesaian	36
	G. Soal-soal Latihan	37
	H. Glosarium	38
	I. Daftar Pustaka	39

BAB V	KERJA DAN ENERGI	40
	A. Pengertian	41
	B. Kerja dan Energi Kinetik	41
	C. Kerja dan Energi Potensial	41
	D. Hukum Kekekalan Energi Mekanik	42
	E. Daya	42
	F. Contoh Soal dan Penyelesaian	42
	G. Soal-soal Latihan	43
	H. Glosarium	44
	I. Daftar Pustaka	44
BAB VI	MOMENTUM DAN IMPULS	45
	A. Pengertian	46
	B. Hubungan Impuls dan Momentum Linier	46
	C. Hukum Kekekalan Momentum Linier	47
	D. Tumbukan (<i>collision</i>) dan Jenis-jenis Tumbukan	47
	E. Gerak Roket	48
	F. Contoh Soal dan Penyelesaian	49
	G. Soal-soal Latihan	50
	H. Glosarium	51
	I. Daftar Pustaka	52
BAB VII	GERAK ROTASI	53
	A. Pengertian	54
	B. Momen Gaya	54
	C. Momen Inersia	54
	D. Momentum Sudut	55
	E. Energi Kinetik Gerak Rotasi	55
	F. Gerak Menggelinding	56
	G. Contoh Soal dan Penyelesaian	57
	H. Soal-soal Latihan	58
	I. Glosarium	60
	J. Daftar Pustaka	60
BAB VIII	ELASTISITAS	61
	A. Pengertian	62
	B. Tegangan	62
	C. Regangan	62
	D. Hukum Hooke (Gaya Pegas)	63
	E. Energi Potensial Pegas	63
	F. Modulus Elastisitas	63

	G. Susunan Pegas	64
	H. Contoh Soal dan Penyelesaian	65
	I. Soal-soal Latihan	66
	J. Glosarium	67
	K. Daftar Pustaka	68
BAB IX	MEKANIKA FLUIDA	69
	A. Pengertian	70
	B. Statistika Fluida	70
	C. Fluida Dinamis (Hidrodinamika)	73
	D. Contoh Soal dan Penyelesaian	76
	E. Soal-soal Latihan	77
	F. Glosarium	79
	G. Daftar Pustaka	79
BAB X	GERAK HARMONIK SESEDERHANA	80
	A. Pengertian	81
	B. Persamaan Gerak Harmonik Sederhana	81
	C. Energi pada Gerak Harmonik Sederhana	82
	D. Aplikasi Gerak Harmonik Sederhana	82
	E. Superposisi Dua Gerak Harmonik Sederhana	83
	F. Contoh Soal dan Penyelesaian	84
	G. Soal-soal Latihan	85
	H. Glosarium	86
	I. Daftar Pustaka	87
BAB XI	BUNYI	88
	A. Pengertian	89
	B. Sumber-sumber Bunyi	89
	C. Resonansi	90
	D. Layangan	90
	E. Intensitas Bunyi	90
	F. Taraf Intensitas	91
	G. Efek Doppler	91
	H. Contoh Soal dan Penyelesaian	92
	I. Soal-soal Latihan	94
	J. Glosarium	95
	K. Daftar Pustaka	96

BAB XII	SUHU DAN KALOR	97
	A. Pengertian	98
	B. Skala Suhu (Temperatur)	98
	C. Pemuai	99
	D. Kalor (Panas)	101
	E. Azas Black	103
	F. Perpindahan Kalor	103
	G. Contoh Soal dan Penyelesaian	105
	H. Soal-soal Latihan	106
	I. Glosarium	107
	J. Daftar Pustaka	108
BAB XIII	TEORI KINETIK GAS	109
	A. Pengertian	110
	B. Gas Ideal	110
	C. Contoh Soal dan Penyelesaian	114
	D. Soal-soal Latihan	115
	E. Glosarium	116
	F. Daftar Pustaka	117
BAB XIV	TERMODINAMIKA	118
	A. Pengertian	119
	B. Kerja dan Hukum I Termodinamika	119
	C. Siklus Carnot	123
	D. Hukum II Termodinamika	124
	E. Hukum III Termodinamika	125
	F. Contoh Soal dan Penyelesaian	126
	G. Soal-soal Latihan	127
	H. Glosarium	128
	I. Daftar Pustaka	129
LAMPIRAN	A	130
LAMPIRAN	B	131
LAMPIRAN	C	132
LAMPIRAN	D	133
LAMPIRAN	E	134
LAMPIRAN	F	135
LAMPIRAN	G	136
LAMPIRAN	H	138
LAMPIRAN	I	139

BAB 1

BESARAN DAN SATUAN

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
1.	Mengukur besaran-besaran fisika dengan alat yang sesuai dan mengolah data hasil dengan menggunakan aturan angka penting.	<ul style="list-style-type: none">Melakukan pengukuran dengan benar berkaitan dengan besaran pokok panjang, massa, waktu, dengan mempertimbangkan aspek ketepatan (akurasi) dan ketelitianMengolah data hasil pengukuran dan menyajikannya dalam bentuk tabel dan grafik dengan menggunakan penulisan angka penting dan mampu menarik kesimpulan tentang besaran fisis yang diukur berdasarkan hasil yang telah disajikan dalam bentuk grafikMenunjukkan kecapakan individu dan kerja sama dalam kelompok	Besaran dan Satuan <ul style="list-style-type: none">Pengertian pengukuranJenis-jenis kesalahan dalam pengukuranPengertian besaran dan pengertian satuanAnalisis dimensionalAturan angka penting
2.	Membedakan besaran pokok dan besaran turunan beserta satuannya.	<ul style="list-style-type: none">Mengidentifikasi perbedaan besaran pokok dan besaran turunan serta dapat memberikan contohnya dalam kehidupan sehari-hariMenunjukkan perilaku yang menampakkan minat dalam kuliah	Besaran dan Satuan <ul style="list-style-type: none">Besaran pokokBesaran turunan
3.	Mempredikasi dimensi suatu besaran dan melakukan analisis dimensional.	<ul style="list-style-type: none">Menerapkan analisis dimensional dalam pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none">Dimensi besaran pokokPemanfaatan dimensi besaran

1. BESARAN DAN SATUAN

A. Besaran dalam Fisika

Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari benda-benda di alam, gejala-gejala, kejadian-kejadian alam serta interaksi dari benda-benda di alam. Fisika merupakan ilmu pengetahuan dasar yang mempelajari sifat-sifat dan interaksi materi dan radiasi. Ilmu fisika didasarkan pada pengamatan eksperimental dan pengukuran, karena itu salah satu pengertian fisika adalah ilmu tentang pengukuran. Pengukuran terhadap sifat-sifat fisis dilakukan dengan membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu besaran standar yang dinyatakan dengan bilangan dan satuannya. Dalam pengukuran akan diperoleh besaran-besaran fisis beserta satuannya.

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur, memiliki nilai besar dan satuan.

Dalam fisika, besaran dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. **Besaran Pokok:** adalah suatu besaran yang satuannya sudah ditetapkan secara internasional.

Para fisikawan mengakui ada 7 besaran pokok, sebagaimana telah dipelajari di sekolah lanjutan, yaitu : panjang, massa, waktu, kuat arus listrik, suhu intensitas cahaya, dan jumlah zat.

2. **Besaran turunan:** adalah suatu besaran yang satuannya dapat diturunkan dari besaran pokok.

Contoh: luas, volume, massa jenis, berat jenis, kecepatan, percepatan, daya, usaha, momentum, dan sebagainya.

B. Sistem Satuan

Meter dan kilogram adalah satuan yang pertama kali diperkenalkan selama revolusi Perancis. Pada waktu itu pemerintah Perancis, berdasarkan rekomendasi dari Akademi Sains (*Academy of Sciences*) pada tahun 1790 memutuskan untuk menggunakan sebuah sistem yang rasional tentang satuan, yang dikenal dengan **sistem metrik**. Sistem ini diterima secara resmi oleh Perancis dalam tahun 1799. Mula-mula dikenal sistem metrik yang hanya mengenal satuan meter dan kilogram. Kemudian sistem *MKS* bahkan *MKSC* yaitu: *Meter, Kilogram, Second (detik)* dan *Coulomb*. Pada Konferensi ke II di Paris tentang pengukuran. *Coulomb* kemudian diganti dengan *Ampere* sebagai satuan arus listrik. Sejak itu usaha standarisasi atau pembakuan satuan terus dilaksanakan untuk diterima sebagai Sistem Internasional (SI) untuk semua negara di dunia. SI ini seperti apa yang kita kenal sekarang. Selain SI yang dianut saat ini *engineering* di Amerika dan Inggris terutama sebagian masih menggunakan sistem Inggris pada beberapa penerapan praktis, yaitu: *Foot (ft)* untuk panjang, *Pound (lb)* untuk massa, *Second (s)* untuk waktu, *Fahrenheit* untuk temperatur dll.

- Satuan besaran pokok

Besaran	Simbol	Dimensi	Satuan <i>mks</i>	Satuan <i>cgs</i>
Panjang	L	[L]	meter (m)	Cm
Massa	M	[M]	kilogram (kg)	gram (g)
Waktu	T	[T]	sekon (s) = detik (det)	sekon (s)
Kuat arus listrik	I	[I]	ampere (A)	-
Suhu	T	[Θ]	kelvin (K)	-
Intensitas cahaya	J	[J]	kandela (Cd)	-
Jumlah zat	N	[N]	mol	-

- Satuan besaran turunan

Semua besaran dan satuan diluar besaran pokok disebut besaran dan satuan turunan. Besaran dan satuan turunan diperoleh berdasarkan operasi matematika tertentu dari besaran pokok. Seperti dalam contoh berikut.

Besaran	Simbol	Satuan <i>mks</i>	Satuan <i>cgs</i>
Massa jenis	$\rho = \frac{m}{V}$	Kg/m ³	g/cm ³
Kecepatan	$V = s/t$	m/s	cm/s
Percepatan	$a = \Delta v / \Delta t$	m/s ²	cm/s ²
Gaya	$F = m a$	N = kg m/s ²	dyne = g.cm/s ²
Usaha	$W = F s$	Joule = Nm	erg = dyne.cm
Daya	$P = w/t$	Watt = J/s	-
Momentum	$p = m v$	Kg.m/s	g.cm/s
Impuls	$I = F \Delta t$	Ns = Ndet	dyne.s
Momen gaya	$\tau = F x r = I . \alpha$	Nm	dyne.cm

C. Dimensi

Dimensi adalah cara besaran itu disusun dari besaran-besaran pokok. Dimensi dari besaran pokok ditulis dengan suatu simbol dalam kurung siku [] seperti tabel di bawah ini.

Besaran Pokok	Lambang Dimensi
Panjang	[L]
Massa	[M]
Waktu	[T]
Kuat arus listrik	[I]
Intensitas cahaya	[J]
Suhu	[Θ]
Jumlah zat	[N]

Contoh: Dimensi panjang = [L]

Dimensi dari besaran turunan seperti volume adalah

volume = panjang x lebar x tinggi

Dimensi volume = [L] x [L] x [L] = [L]³

Dimensi massa jenis = [M]/[L]³ = [M][L]⁻³

Dimensi berguna untuk menurunkan satuan dari suatu besaran dan meneliti kebenaran suatu rumus atau persamaan. Metode penjabaran dimensi: dimensi ruas kanan = dimensi ruas kiri. Setiap suku berdimensi sama.

Sering kali, hasil pengamatan terhadap peristiwa fisis yang dinyatakan dalam persamaan yang rumit dapat diuji kebenarannya secara kualitatif dengan metode analisis dimensi.

Contoh:

Persamaan gaya adalah: $\vec{F} = m\vec{a}$ atau $\vec{F} = k\vec{x}$ atau $\vec{F} = m\vec{g}$

Apapun bentuk persamaannya, gaya harus mempunyai dimensi [M][L][T]⁻². Dengan kata lain, besaran yang mempunyai dimensi [M][L][T]⁻² adalah gaya.

D. Angka Penting

Angka penting terdiri dari angka pasti dan angka perkiraan yang sesuai dengan tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan. Banyak angka penting yang tulis dalam suatu pengukuran menyatakan derajat ketelitian suatu hasil pengukuran. Makin tinggi tingkat ketelitiannya maka angka penting makin banyak.

- **Aturan-aturan angka penting**

1. Semua angka bukan nol adalah angka penting.
2. Angka nol yang terletak di antara dua angka bukan nol termasuk angka penting.
3. Semua angka nol yang terletak pada deretan akhir dari angka-angka yang ditulis di belakang koma decimal termasuk angka penting.
4. Angka-angka nol yang digunakan hanya untuk tempat titik decimal adalah *bukan* angka penting.
5. Bilangan-bilangan puluhan, ratusan, ribuan, dan seterusnya yang memiliki angka-angka nol pada deretan akhir harus dituliskan dalam *notasi ilmiah* agar jelas apakah angka-angka nol tersebut termasuk angka penting atau bukan.

- **Aturan penjumlahan dan pengurangan**

Angka-angka penting dalam penjumlahan dan pengurangan ditentukan berdasarkan tempat titik desimal. Dalam melakukan penjumlahan/pengurangan hanya boleh mengandung satu angka taksiran.

Contoh : Misalkan kita mengukur panjang suatu benda dengan alat yang berbeda jenisnya.

- Dengan jangka sorong : $p = 25,84$, angka 4 taksiran
- Dengan mistar : $\frac{p = 25,5 \text{ mm}}{= 51,34 \text{ mm}}$ + angka 3 taksiran

Maka penulisan yang benar dari hasil penjumlahan 51,3 mm dan angka 3 merupakan angka taksiran.

- **Aturan perkalian dan pembagian**

Pada perkalian atau pembagian, hasil akhir hanya boleh mengandung angka penting sebanyak angka penting dari bilangan penting yang angka pentingnya *paling sedikit* dari semua bilangan penting yang terlibat dalam operasi. Banyaknya angka penting yang dihasilkan sama dengan angka penting yang terkecil/tersedikit.

Contoh:

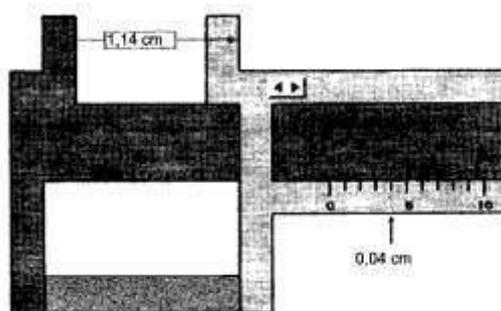
$$0,6283 \text{ cm} \times 2,2 \text{ cm} = 1,38226 \text{ cm}^2$$

$$(4ap) \quad (2ap) = 1,4 \text{ cm}^2$$

$$(2ap)$$

$ap = \text{angka penting}$

- **Angka penting pada pengukuran dengan jangka sorong**



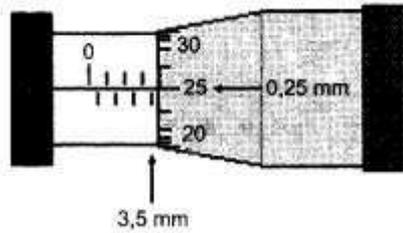
$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \text{skala tetap} + \text{skala nonius} \\ &= 1,1 \text{ cm} + (0,01 \text{ cm} \times 4) \\ &= 1,1 \text{ cm} + 0,04 \text{ cm} \\ &= 1,14 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jangka sorong mempunyai ketelitian 0,1 mm
 Jangka sorong terdiri dua bagian yaitu **skala tetap** (pada rahang tetap) dan **skala nonius** (pada rahang geser).

Banyak angka pentingnya 3 yaitu 1, 1 dan 4.
 Angka 1 dan 1 adalah angka pasti, sedangkan angka 4 adalah angka taksiran/perkiraan.

- **Angka penting pada pengukuran dengan micrometer sekrup**

Micrometer adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur panjang dan mempunyai ketelitian 0,01 mm. Micrometer juga mempunyai dua skala yaitu **skala tetap** dan **skala nonius/skala putar**.



$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \text{skala tetap} + \text{skala nonius} \\ &= 3,5 \text{ mm} + (0,01) \text{ mm} \times 25 \\ &= 3,5 \text{ mm} + 0,25 \text{ mm} \\ &= 3,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di mana 3 dan 5 merupakan angka pasti, 2 dan 5 perkiraan terdiri dari tiga angka penting yaitu 3,7 dan 5

E. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Seorang anak mengukur tinggi tanaman diperoleh angka 104,2 m. jumlah angka penting dari hasil pengukuran tersebut adalah ...

Penyelesaian:

104,2 m memiliki 4 angka penting

2. Hasil pengukuran sebidang tanah adalah panjang 1,50 m dan lebarnya 1,20 m. Luas bidang tanah menurut aturan penulisan angka penting adalah ...

Penyelesaian:

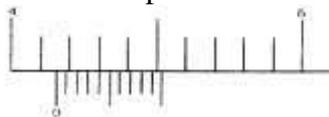
$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 1,50 \text{ m} \quad \rightarrow 3 \text{ AP} \\ \text{Lebar} &= 1,20 \text{ m} \quad \rightarrow 3 \text{ AP} \\ \text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} = 1,50 \times 1,20 \\ &= 1,80 \text{ m}^2 \rightarrow 3 \text{ AP} \end{aligned}$$

3. Dimensi energi potensial adalah ...

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Energi potensial} &= m g h \\ &= \text{kg m/s}^2 \text{ m} = \text{kg m}^2/\text{s}^2 \\ \text{Dimensi} &\Rightarrow [\text{M}] [\text{L}]^2 [\text{T}]^{-2} \end{aligned}$$

4. Pengukuran panjang balok besi ditunjukkan oleh jangka sorong seperti gambar di bawah. Berapa tebal balok besi tersebut?

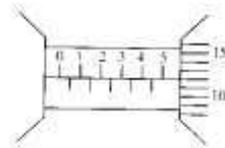


Penyelesaian:

Angka nol skala utama menunjukkan angka 4,1 cm lebih, dan garis nonius yang berimpit dengan skala utama garis ke-4 jika panjang balok dari hasil pengukuran

$$\begin{aligned} P &= 4,1 \text{ cm} + 0,01 \text{ cm} \times 4 \\ P &= 4,1 \text{ cm} + 0,04 \text{ cm} \\ P &= 4,14 \text{ cm} \text{ (terdiri dari 3 angka penting)} \end{aligned}$$

5. Bepara besar diameter bola tembaga yang ditunjukkan oleh micrometer sekrup di bawah ini?



Penyelesaian:

Angka pada skala utama menunjukkan diameter bola = 5 mm dan garis tengah skala utama berimpit dengan garis ke-12 Jadi diameter bola tembaga adalah

$$\begin{aligned} d &= 5 \text{ mm} + 0,01 \times 12 \\ d &= 5 \text{ mm} + 0,12 \text{ mm} \\ d &= 5,12 \text{ mm} \text{ (terdiri dari tiga angka penting)} \end{aligned}$$

F. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

1. Manakah yang termasuk besaran pokok?
 - a. panjang, massa, waktu, suhu
 - b. waktu, momentum, panjang
 - c. momentum, gaya, usaha, kecepatan
 - d. kuat arus, intensitas cahaya, jumlah zat
 - e. jawaban a dan d benar
2. Besaran yang bukan merupakan besaran turunan adalah ...
 - a. kecepatan
 - b. kuat arus
 - c. gaya
 - d. energi
 - e. volume
3. Impuls memiliki dimensi yang sama dengan dimensi besaran ...
 - a. usaha
 - b. momentum
 - c. energy
 - d. gaya
 - e. daya
4. Panjang dapat dinyatakan dalam beberapa satuan berikut, kecuali ...
 - a. nanometer
 - b. angstrom
 - c. tahun cahaya
 - d. inci
 - e. m/s
5. Dalam sistem SI, satuan daya adalah ...
 - a. joule
 - b. kalori
 - c. watt
 - d. ampere
 - e. newton
6. Panjang dapat dinyatakan dalam beberapa satuan berikut, kecuali ...
 - a. nanometer
 - b. angstrom
 - c. tahun cahaya
 - d. inci
 - e. m/s
7. Dimensi daya adalah ...
 - a. $M L T^{-1}$
 - b. $M L^{-2} T^{-2}$
 - c. $M L T^{-3}$
 - d. $M L^2 T^{-3}$
 - e. $M L^2 T^{-2}$
8. Perhatikan tabel berikut ini

No	Besaran	Satuan	Dimensi
1.	Momentum	$Kg m s^{-1}$	$[MLT^{-1}]$
2.	Gaya	$Kg m s^{-2}$	$[MLT^{-2}]$
3.	Daya	$Kg m^2 s^{-3}$	$[MLT^{-3}]$
4.	Energi	$Kg m^2 s^{-3}$	$[ML^2T^{-3}]$

Besaran yang memiliki satuan dan dimensi yang tepat adalah ...

 - a. 1 dan 2
 - b. 1 dan 3
 - c. 2 dan 3
 - d. 2 dan 4
 - e. 3 dan 4
9. Berapakah angka penting pada bilangan berikut 0,0126 cm?
 - a. 1 angka penting
 - b. 2 angka penting
 - c. 3 angka penting
 - d. 4 angka penting
 - e. 5 angka penting
10. Jika diameter sebuah batang besi beton adalah 8,00 mm, maka luas penampangnya adalah ...
 - a. $25,12 mm^2$
 - b. $52,12 mm^2$
 - c. $50,25 mm^2$
 - d. $110,5 mm^2$
 - e. $150,12 mm^2$

- **Essay:**

1. Bagaimana komentar anda tentang pernyataan ini: “Sekali anda telah mengambil suatu standar dalam arti kata “standar sesungguhnya, maka standar itu tidak dapat berubah”?”
2. Manusia telah ada kira-kira 10^6 tahun. Sedangkan alam semesta berumur kira-kira 10^{10} tahun. Jika umur alam semesta diambil sebagai satu hari, berapa detikkah lamanya manusia telah ada di bumi?
3. Sebuah membrane sel yang bundar memiliki luas 1,25 inci persegi. Nyatakan dalam centimeter persegi (bila 1 inci = 2,54 cm)!
4. Nyatakan hubungan antara:
 - a) $1 \mu\text{m}$ dengan km
 - b) laju lari singa $v = 60 \text{ mil/jam}$ ke dalam m/det (bila 1 mil = 1609 meter dan 1 jam = 3600 detik)
5. Hitunglah:
 - a) Luas segitiga dengan alas 12,7 cm dan tinggi 8,6 cm (gunakan aturan angka penting)!
 - b) Volume sepotong batang besi berbentuk selinder mempunyai diameter 10 mm dan panjang 25 cm (nyatakan dalam satuan cm^3 dan gunakan aturan angka penting)!

G. Glosarium

Angka penting semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran, yang terdiri dari angka pasti dan angka perkiraan (taksiran) yang sesuai dengan tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan.

Besaran Pokok adalah suatu besaran yang satuannya sudah ditetapkan secara internasional. Ada 7 besaran pokok yaitu : panjang, massa, waktu, kuat arus listrik, suhu intensitas cahaya, dan jumlah zat.

Besaran turunan adalah suatu besaran yang satuannya dapat diturunkan dari besaran pokok. Contoh besaran turunan: luas, volume, massa jenis, berat jenis, kecepatan, percepatan, daya, usaha, momentum, dan sebagainya.

Besaran Skalar adalah besaran yang hanya memiliki nilai.

Besaran Vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan arah.

Dimensi adalah cara besaran itu disusun dari besaran-besaran pokok.

H. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- D. Djonoputro. (tt). *Teori Ketidakpastian*. Bandung: Penerbit ITB.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 2

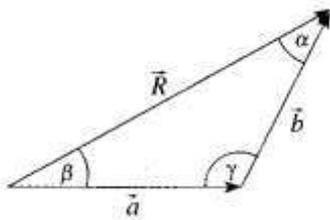
VEKTOR

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
4.	Melakukan penjumlahan dan perkalian dua buah vektor atau lebih.	<ul style="list-style-type: none">• Menghitung jumlah dua buah vektor atau lebih• Menentukan besar perkalian dua vektor	<ul style="list-style-type: none">• Besaran vektor• Penjumlahan dua vektor dengan metode poligon, jajaran genjang dan rumus cosinus.• Jumlah vektor dengan cara analisis• Perkalian vektor



Gambar di atas menunjukkan resultan 3 buah vektor $\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ yang digambarkan dengan metode poligon. Dengan \vec{a} , \vec{b} , dan \vec{c} berturut-turut adalah vektor pertama, kedua, dan ketiga.

- Metode Segitiga



$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$$

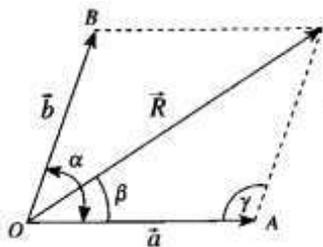
$$\text{Besaran: } |\vec{R}| = \sqrt{|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 - 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\gamma}$$

$$\text{Arah} = \frac{|\vec{a}|}{\sin\alpha} = \frac{|\vec{b}|}{\sin\beta} = \frac{|\vec{R}|}{\sin\gamma}$$

- Jajaran Genjang (Rumus Cosinus):

Aturan penjumlahan vektor dengan metode jajaran genjang:

1. Gambar vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal saling berimpit.
2. Proyeksikan vektor atau gambar sebuah jajaran genjang dengan kedua vektor ini sebagai sisi-sisinya, serta sudut-sudut yang berbentuk.
3. Resultan vektor adalah diagonal jajaran genjang yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor.

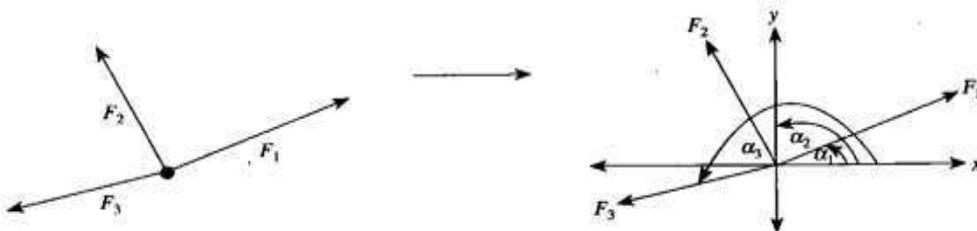


$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\alpha}$$

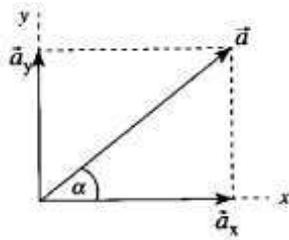
- Metode Analitis

Penjumlahan 2 vektor atau lebih yang setitik tangkap dengan cara analitis dapat dilakukan sebagai berikut:

- ✓ Membuat koordinat siku-siku (sumbu x dan sumbu y) pada titik tangkap vektor.



- ✓ Menguraikan dan memproyeksikan masing-masing vektor menjadi komponen pada masing-masing vektor menjadi komponen pada sumbu x dan y.



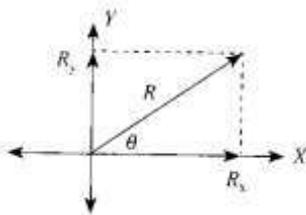
$$\cos \alpha = \frac{a_x}{a} \quad \rightarrow \quad \vec{a}_x = \vec{a} \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_y}{a} \quad \rightarrow \quad \vec{a}_y = \vec{a} \sin \alpha$$

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$



- ✓ Menjumlahkan komponen-komponen pada sumbu x (R_x) dan sumbu y (R_y).



$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

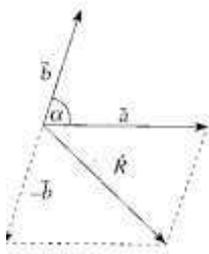
$$\theta = \arctan \frac{R_y}{R_x}$$

2. Pengurangan Vektor

Pada prinsipnya pengurangan vektor sama dengan penjumlahan vektor.

- Membuat vektor $-\vec{b}$ (besarnya sama dengan vektor \vec{b} , tetapi berlawanan arah).
- Menentukan selisih vektor \vec{a} dan \vec{b} ; $\vec{R} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2 \cdot ab \cdot \cos (180 - \alpha)} \text{ atau } R = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot ab \cdot \cos \alpha}$$



3. Perkalian Vektor

- Perkalian biasa (vektor dengan konstanta)
Sebuah skalar dikalikan dengan vektor, hasilnya adalah sebuah vektor.
Contoh: vektor dikalikan dengan skalar $\Rightarrow 2$:

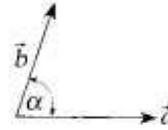


- Perkalian Titik (*Dot Product*)

Perkalian titik antara 2 vektor \vec{a} dan \vec{b} ditulis $\vec{a} \cdot \vec{b}$ (dibaca \vec{a} dot \vec{b}) menghasilkan besaran skalar, sehingga disebut perkalian skalar.

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \alpha \rightarrow \text{hasilnya skalar.}$$



- Perkalian Silang (*Cross Product*)

Perkalian silang antara 2 vektor \vec{a} dan \vec{b} yang ditulis $\vec{a} \times \vec{b}$ (dibaca \vec{a} cross \vec{b}), menghasilkan sebuah vektor, sehingga disebut perkalian vektor. Ingat bahwa $\vec{a} \times \vec{b} \neq \vec{b} \times \vec{a}$.

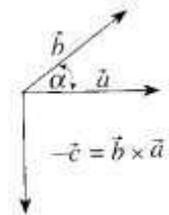
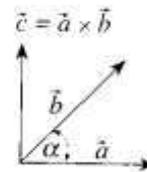
Perkalian vektor ini mengikuti kaidah tangan kanan atau kaidah pemutaran sekrup. Hasil dari perkalian silang dirumuskan:

$$|\vec{a} \times \vec{b}| = |a||b| \sin \alpha$$

Dari gambar berlaku : $\vec{a} \times \vec{b} = -\vec{b} \times \vec{a}$

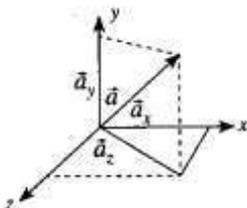
dan : $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$

$$-\vec{c} = \vec{b} \times \vec{a}$$



C. Vektor Satuan

Untuk memudahkan perhitungan, vektor yang terletak di dalam ruang (tiga dimensi atau *trimatra*) dapat diuraikan menjadi komponen-komponen pada sumbu x , y , dan z , ditetapkan vektor satuan pada sumbu x diberi lambang \hat{i} , pada sumbu y diberi lambang \hat{j} dan pada sumbu z diberi lambang \hat{k} .



Vektor a memiliki komponen pada sumbu x , y dan z , yang $a_x + a_y + a_z$, maka vektor a ditulis

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$$

Besarnya ketiga vektor satuan :

$$|\hat{i}| = |\hat{j}| = |\hat{k}| = 1$$

Besarnya vektor \vec{a} :

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

- Operasi vektor satuan

Ada tiga operasi hitungan yang dapat dikerjakan oleh vektor satuan, yaitu penjumlahan, pengurangan, dan perkalian.

- ✓ Penjumlahan

Contoh:

$$(8\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}) + (4\hat{i} + 2\hat{j} + 5\hat{k}) = (8 + 4)\hat{i} + (2 + 2)\hat{j} + (1 + 5)\hat{k} = 12\hat{i} + 4\hat{j} + 6\hat{k}$$

- ✓ Pengurangan

Contoh:

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

- ✓ Perkalian vektor satuan

a. Perkalian skalar antara 2 vektor yang sejenis.

$$\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = 1$$

b. Perkalian skalar antara 2 vektor yang tidak sejenis

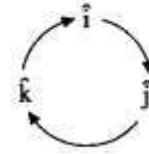
$$\hat{i} \cdot \hat{j} = \hat{j} \cdot \hat{k} = \hat{k} \cdot \hat{i} = 0$$

c. Perkalian vektor antara 2 vektor yang sejenis.

$$\hat{i} \times \hat{i} = \hat{j} \times \hat{j} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$

d. Perkalian vektor antara 2 vektor yang tidak sejenis.

$$\begin{array}{l} \hat{i} \times \hat{j} = \hat{k} \\ \hat{j} \times \hat{k} = \hat{i} \\ \hat{k} \times \hat{i} = \hat{j} \end{array} \quad \text{atau} \quad \begin{array}{l} \hat{j} \times \hat{i} = -\hat{k} \\ \hat{k} \times \hat{j} = -\hat{i} \\ \hat{i} \times \hat{k} = -\hat{j} \end{array}$$



Contoh:

$$|A| = (3\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k}) \cdot (2\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k})$$

Hanya yang sejenis ($\hat{i} \rightarrow \hat{i}$, $\hat{j} \rightarrow \hat{j}$, $\hat{k} \rightarrow \hat{k}$) yang bernilai 1

$$\begin{aligned} |A| &= (3 \cdot 2) + (2 \cdot 2) + ((-3) \cdot 1) \\ &= 6 + 4 - 1 \\ &= 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{B} &= (3\hat{i} + 3\hat{k}) \times (2\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}); \text{ hanya yang berlainan jenis yang bernilai} \\ &= (3 \cdot 2)\hat{k} - (3 \cdot 1)\hat{j} - (2 \cdot 2)\hat{k} + (2 \cdot 1)\hat{i} + ((-3) \cdot 2)\hat{j} - ((-3) \cdot 2)\hat{i} \\ &= (2 + 6)\hat{i} + (-3 + (-6))\hat{j} + (6 + (-4))\hat{k} \\ &= 8\hat{i} - 9\hat{j} + 2\hat{k} \end{aligned}$$

D. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah benda bermassa 30 kg, bergerak dengan percepatan 4 m/det², arahnya mengapit sudut 60°, 45°, dan 60° berturut-turut terhadap sumbu x, y, dan z. Hitung gaya yang dialami benda tersebut, bila gaya sebuah benda difenesikan sebagai perkalian massa dengan percepatan benda.

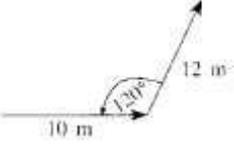
Penyelesaian:

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

$$\vec{F} = m (a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k})$$

$$= 30 [40 \cos 60 \hat{i} + 4 \cos 45 \hat{j} + 4 \cos 30 \hat{k}]$$

$$= [60 \hat{i} + 60 \sqrt{2} \hat{j} + 60 \sqrt{3} \hat{k}] \text{ N}$$

2.  rgerak ke Timur sejauh 30 m datar. Sesampainya mobil belok ke utara sejauh 40 km, kemudian berhenti. Tentukanlah pergeseran mobil tersebut.

Penyelesaian :

$$r_x = a_x + b_y = 30\text{km} + 0\text{km} = 30 \text{ km}$$

$$r_y = a_x + b_y = 0\text{km} + 40\text{km} = 40 \text{ km}$$

$$\vec{r} = \vec{r}_x + \vec{r}_y = 30\vec{x} + 40\vec{y} = 30\hat{i} + 40\hat{j}$$

$$|\vec{r}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{(30)^2 + (40)^2}$$

$$|\vec{r}| = \sqrt{2500} = 50 \text{ km}$$

3. Seekor semut berjalan dari posisi awalnya $2\hat{i} - 3\hat{j} + 8\hat{k}$ hingga ke posisi $-6\hat{i} + 3\hat{j} + 8\hat{k}$. Hitunglah besar perpindahan semut tersebut.

Penyelesaian :

$$\vec{R} = (-6\hat{i} + 3\hat{j} + 8\hat{k}) - (2\hat{i} - 3\hat{j} - 8\hat{k})$$

$$= -8\hat{i} + 6\hat{j}$$

$$|R| = \sqrt{(-8)^2 + (6)^2}$$

$$= \sqrt{100}$$

$$= 10 \text{ satuan}$$

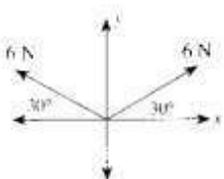
4.  Hitunglah resultan perpindahan pada gambar di samping

Penyelesaian :

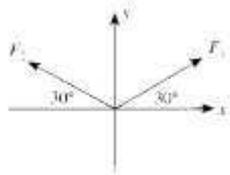
$$|\vec{R}| = \sqrt{10^2 + 12^2 + 2(10)(12) \cos 120^\circ}$$

$$= \sqrt{124}$$

$$= 2\sqrt{30} \text{ m}$$

5.  Hitunglah besarnya resultan gaya-gaya di samping

Penyelesaian :



	F_x	F_y
F_1	$3\sqrt{2} \text{ N}$	3 N
F_2	$-3\sqrt{2} \text{ N}$	3 N
ΣF	0 N	6 N

$$\Sigma F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$= \sqrt{0^2 + 6^2}$$

$$= \sqrt{36}$$

$$= 6 \text{ N}$$

6. Dua buah vektor yang saling tegak lurus yaitu $\vec{A} = 4\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}$, $\vec{B} = 4\hat{i} - 4\hat{j} + b\hat{k}$; nilai b adalah ...

Penyelesaian:

Jika dua buah vektor yang saling tegak lurus maka perkalian titiknya (Dot Product) $\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$

$$(4\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}) \cdot (4\hat{i} - 4\hat{j} + b\hat{k})$$

$$16 + 24 - 10b = 0$$

$$10b = 40$$

$$b = 4$$

7. Dua buah vektor $\vec{P} = 3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$ dan $\vec{Q} = 5\hat{i} + 12\hat{j} + 13\hat{k}$ membentuk sudut α . Hitunglah besar $\cos \alpha$.

Penyelesaian :

$$\cos \alpha = \frac{\vec{P} \cdot \vec{Q}}{|\vec{P}||\vec{Q}|}$$

$$= \frac{(3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}) \cdot (5\hat{i} + 12\hat{j} + 13\hat{k})}{\sqrt{(3)^2 + (4)^2 + (5)^2} \cdot \sqrt{(5)^2 + (12)^2 + (13)^2}}$$

$$= \frac{15 + 48 + 65}{\sqrt{50} \sqrt{338}}$$

$$= \frac{128}{\sqrt{50} \sqrt{338}}$$

$$= \frac{130}{64}$$

$$= \frac{64}{65}$$

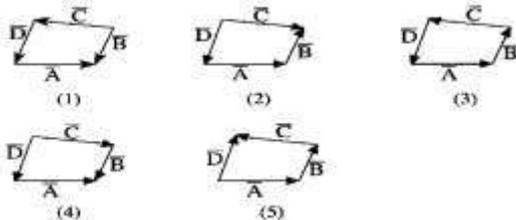
E. Soal-soal Latihan

• **Pilihan Ganda**

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

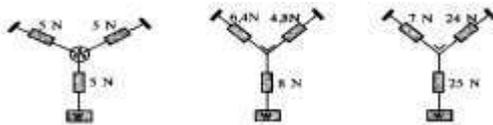
1. Dua buah vektor bertitik tangkap sama, masing-masing F_1 dan F_2 . Diketahui $F_1 = F_2 = R$, jika $F_1 + F_2 = R\sqrt{3}$. Besar cosinus kedua sudut apit kedua vektor tersebut adalah ...
- 1/4
 - 1/2
 - 3/4
 - 4/5
 - 5/6

2. Perhatikan kelima diagram vektor di bawah ini. Yang menggambarkan $\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ adalah nomor ...



- (5)
- (4)
- (3)
- (2)
- (1)

3. Perhatikan gambar percobaan vector gaya resultan dengan menggunakan 3 neraca pegas berikut:

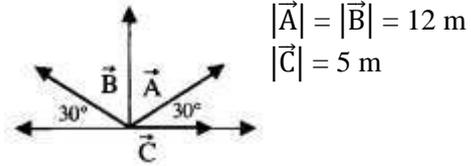


- Penggambaran yang benar secara vectoris adalah ...
- (1) dan (2)
 - (1) dan (3)
 - (2) dan (3)
 - semua benar
 - semua salah

4. Jika sebuah vektor 6 N diuraikan menjadi dua buah vektor yang saling tegak lurus dan salah satunya membentuk sudut 60° terhadap vektor tersebut, besarnya vektor masing-masing adalah
- 3 N dan $3\sqrt{2}$ N
 - 3 N dan $3\sqrt{3}$ N
 - $3\sqrt{2}$ N dan 6 N
 - 3 N dan 6 N
 - 3 N dan $6\sqrt{2}$ N

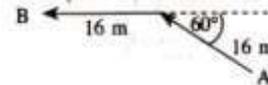
5. Vektor $|\vec{A}| = 5$ satuan, $|\vec{B}| = 12$ satuan, sedangkan $|\vec{A} + \vec{B}| = 13$ satuan. Besar sudut apit kedua vektor tersebut adalah ...

- 30°
 - 45°
 - 60°
 - 75°
 - 90°
6. Terdapat tiga buah vektor setitik tangkap seperti gambar di bawah ini.



- Besar resultan tiga buah vektor tersebut adalah ...
- 13 m
 - 10 m
 - 8 m
 - 6 m
 - 4 m

7. Seekor semut melakukan perpindahan dari posisi A ke B seperti gambar di bawah ini



- Besarnya perpindahan semut tersebut adalah
- $16\sqrt{2}$ md. $8\sqrt{3}$ m
 - $16\sqrt{3}$ m
 - $8\sqrt{2}$ m
 - $16\sqrt{3}$ m
 - 24 m

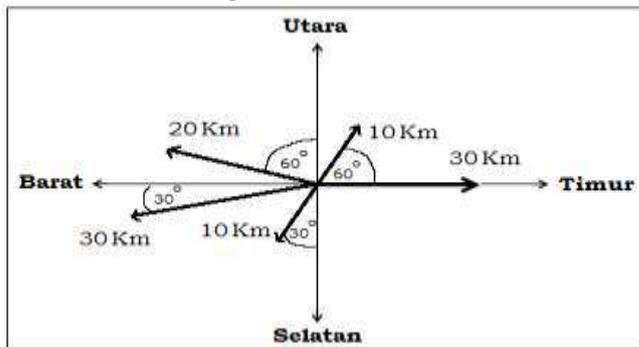
8. Diberikan: $\vec{a} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$, $\vec{b} = 3\hat{i} - 2\hat{j} - 4\hat{k}$, besar $|\vec{r}| = |\vec{a} \cdot \vec{b}|$ adalah ...
- 2 satuan
 - 4 satuan
 - 6 satuan
 - 8 satuan
 - 10 satuan

9. Dua buah vektor $\vec{P} = 6\hat{i} + 8\hat{j} + 10\hat{k}$ dan $\vec{Q} = 5\hat{i} + 12\hat{j} + 13\hat{k}$, membentuk sudut α . Besarnya $\cos \alpha$ adalah ...
- $\frac{24}{25}$
 - $\frac{34}{35}$
 - $\frac{35}{44}$
 - $\frac{54}{55}$
 - $\frac{64}{65}$

10. Diberikan : $\vec{a} = 3\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k}$, $\vec{b} = -2\hat{i} - \hat{j} + 2$. Hasil kali silang (*cross product*) vektor di atas adalah ...
- $\hat{i} - \hat{j}$
 - $\hat{j} - \hat{k}$
 - $\hat{j} + \hat{k}$
 - $\hat{i} - \hat{k}$
 - $\hat{i} + \hat{j}$

• **Essay:**

- Diketahui vektor: $\vec{a} = -3\hat{i} + 8\hat{j} - 7\hat{k}$ dan $\vec{b} = 8\hat{i} + 6\hat{j} - 4\hat{k}$
Tentukan: a) $\vec{a} + \vec{b}$ b) $\vec{a} - \vec{b}$ c) $\vec{a} \cdot \vec{b}$ d) $\vec{a} \times \vec{b}$
- Persamaan Sebuah kereta api bergerak dengan laju tetap 60 km/jam. Mula-mula bergerak ke Timur selama 40 menit, kemudian dalam arah 45° ke Timur dari Utara selama 20 menit dan akhirnya ke Barat selama 50 menit. Berapakah kecepatan rata-rata selama perjalanan itu? (gambaran vektor perjalanan kereta api dan tentukan arah kecepatan rata-rata kereta api).
- Lima lebah masing-masing berpacar dari sarangnya untuk mencari *nectar* untuk dijadikan madu. Arah gerak lebah-lebah tersebut seperti terlihat pada Gambar berikut. Tentukan resultan dan arah gerak lima lebah tersebut!



F. Glosarium

Perkalian titik (Dot Product). Perkalian titik antara 2 vektor \vec{a} dan \vec{b} ditulis $\vec{a} \cdot \vec{b}$ (dibaca \vec{a} dot \vec{b}) menghasilkan besaran skalar.

Perkalian silang (Cross Product). Perkalian silang antara 2 vektor \vec{a} dan \vec{b} yang ditulis $\vec{a} \times \vec{b}$ (dibaca \vec{a} cross \vec{b}), menghasilkan sebuah vektor.

Vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan arah. Vektor digambarkan dengan anak panah.

Vektor bebas adalah vektor yang dinyatakan oleh tak terhingga banyak segmen garis yang sama panjang dan searah tanpa mempunyai letak tertentu.

Vektor terikat adalah vektor yang terdiri dari suatu vector dan sebuah titik dan dilukiskan oleh sebuah penggal garis tertentu dengan titik tertentu dimana vector tersebut dimulai.

Vektor posisi. Kedudukan suatu benda dalam notasi vektor.

Vektor resultan. Vektor hasil penjumlahan dua buah vektor atau lebih.

Vektor satuan. Vektor yang telah diuraikan ke dalam sumbu: x (i), y (j), z (k) yang besarnya satu satuan.

Vektor segaris. Vektor-vektor yang terletak dalam satu garis.

Vektor tegak lurus. Vektor-vektor yang saling tegak lurus.

G. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetyo and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 3

KINEMATIKA PARTIKEL

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
5.	Mendiskripsikan karakteristik gerak melalui analisa vektor	<ul style="list-style-type: none">• Menentukan hubungan antara posisi, kecepatan dan percepatan pada gerak translasi• Menentukan persamaan fungsís sudut, kecepatan sudut dan percepatan sudut	Kinematika Partikel <ul style="list-style-type: none">• Kinematika Gerak Translasi: Persamaan: posisi, kecepatan dan percepatan• Kinematika Gerak Rotasi: persamaan posisi sudut, kecepatan sudut dan percepatan sudut
6.	Menganalisis besaran-besaran fisika pada Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).	<ul style="list-style-type: none">• Menyimpulkan karakteristik GLB dan GLBB melalui percobaan dan pengukuran besaran-besaran terkait• Menerapkan besaran-besaran fisika dalam GLB dan GLBB dalam bentuk persamaan dan menggunakannya dalam pemecahan masalah• Menunjukkan perilaku yang menampilkan minat dalam melakukan kerja sama dalam melakukan kegiatan laboratorium	Kinematika Gerak Partikel <ul style="list-style-type: none">• GLB• GLBB

3. KINEMATIKA PARTIKEL

A. Pengertian

- **Kinematika** adalah cabang mekanika yang mempelajari gerakan benda dengan konsep ruang dan waktu tanpa memperhatikan penyebab geraknya. Benda-benda yang dibahas diperlakukan sebagai partikel.
- **Jarak:** panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda. Jarak merupakan besaran *skalar* karena hanya mempunyai nilai saja.
- **Perpindahan:** perubahan posisi suatu benda dan merupakan besaran *vektor* karena mempunyai nilai dan arah.
- **Laju:** jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Besaran ini merupakan besaran *skalar*.
- **Kecepatan:** perpindahan yang ditempuh tiap satuan waktu. Besaran ini merupakan besaran *vektor*.
- **Percepatan:** perubahan kecepatan tiap satuan waktu.

Setiap partikel yang bergerak tentu berubah posisi dan kedudukannya. Perubahan posisi tersebut dinyatakan dengan vektor posisi $\vec{x} = \hat{i}x$ (\hat{i} = vektor satuan pada arah x) untuk sistem satu dimensi. Karena benda bergerak memerlukan waktu, maka biasanya vektor posisi ditulis: $\vec{x}(t)$. Untuk sistem 3 (dimensi atau matra), vektor posisi dinyatakan sebagai $\vec{r}(t) = \hat{i}x + \hat{j}y + \hat{k}z$. Sebuah benda dikatakan bergerak terhadap benda lain jika posisinya berubah menurut waktu. Benda yang sedang bergerak selalu mempunyai lintasan. Bila lintasannya berupa garis lurus maka benda dikatakan bergerak lurus.

B. Kelajuan dan Kecepatan

Kelajuan rata-rata didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh (s) tiap satuan waktu (Δt). Secara matematis kelajuan rata-rata (v_r) dapat dirumuskan sebagai:

$$v_r = \frac{s}{\Delta t}$$

Kelajuan sesaat didefinisikan sebagai limit kelajuan rata-rata untuk selang waktu yang sangat sempit. Secara matematis, kelajuan sesaat (v_t) dapat dirumuskan sebagai:

$$v_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{s}{\Delta t}$$

Kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perpindahan ($\Delta \vec{x}$) tiap satuan waktu (Δt). Secara matematis kecepatan rata-rata (\bar{v}_r) dapat dirumuskan sebagai:

$$\bar{v}_r = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

Kecepatan sesaat didefinisikan sebagai limit kecepatan rata-rata untuk selang waktu yang sangat sempit. Secara matematis, kecepatan sesaat (\bar{v}_t) kecepatan pada t tertentu, dapat dirumuskan sebagai:

$$\bar{v}_t = v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt}$$

C. Perlajuan dan Percepatan

Perlajuan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan kelajuan (Δv) tiap satuan waktu (Δt). Secara matematis perlajuan rata-rata (a_r) dapat dirumuskan sebagai:

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

merupakan besaran skalar

Perlajuan sesaat didefinisikan sebagai limit perlajuan rata-rata untuk selang waktu yang sangat sempit. Secara matematis, perlajuan sesaat (a_t) dapat dirumuskan sebagai:

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan kecepatan ($\Delta \bar{v}$) tiap satuan waktu (Δt). Secara matematis percepatan rata-rata (\bar{a}_r) dapat dirumuskan sebagai:

$$\bar{a}_r = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$$

merupakan besaran vektor

Percepatan sesaat didefinisikan sebagai limit percepatan rata-rata untuk selang waktu yang sangat sempit. Secara matematis, kecepatan sesaat (\bar{a}_t) kecepatan pada t tertentu, dapat dirumuskan sebagai:

$$\bar{a}_t = a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

D. Persamaan Gerak

1. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

- Ciri-ciri GLB
 1. Kecepatannya tetap ($v = \text{tetap}$).
 2. Percepatannya nol ($a = 0$).
 3. Lintasannya berupa garis lurus.
- Persamaan GLB

$$s_t = s_0 + v \cdot t$$

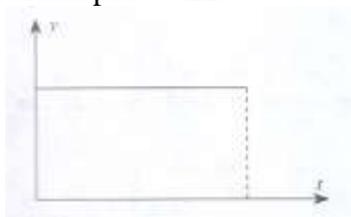
$$x_t = x_0 + v \cdot t$$

$s_t; x_t$ = kedudukan benda pada saat waktu t (meter)

$s_0; x_0$ = kedudukan benda pada saat waktu $t = 0$

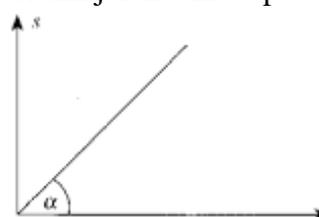
v = kecepatan benda (m/detik), t = waktu (detik)

- Grafik pada GLB



Jarak = luas segi empat

- Grafik jarak terhadap waktu



Kecapatan = $\tan \alpha$

2. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Sebuah benda dikatakan melakukan gerak lurus berubah beraturan bila dalam selang waktu yang sama perubahan kecepatannya tetap.

Gerak lurus berubah beraturan ada 2, yaitu :

1. GLBB dipercepat
2. GLBB diperlambat

• **Gerak lurus berubah beraturan dipercepat (GLBB dipercepat)**

Persamaan GLBB dipercepat

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + at \\ v_t^2 &= v_0^2 + 2as \\ s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \end{aligned}$$

v_0 = kecepatan awal (m/det)

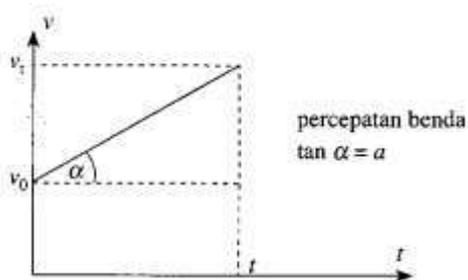
v_t = kecepatan akhir (m/det)

a = percepatan benda (m/det²)

s = jarak yang ditempuh benda (meter)

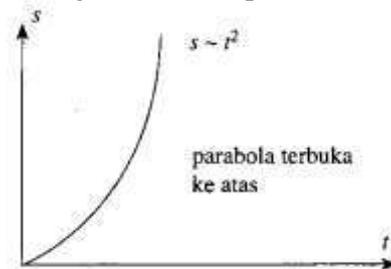
t = waktu (detik)

- Grafik kecepatan terhadap waktu
Untuk $v_0 \neq 0$



Jarak = luas trapesium

- Grafik jarak terhadap waktu



• **Gerak lurus berubah beraturan diperlambat (GLBB diperlambat)**

Persamaan GLBB diperlambat

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 - at \\ v_t^2 &= v_0^2 - 2as \\ s &= v_0 t - \frac{1}{2} at^2 \end{aligned}$$

v_0 = kecepatan awal (m/det)

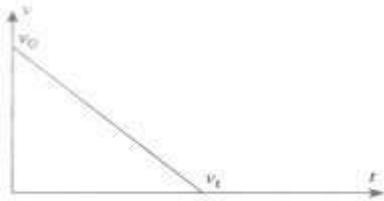
v_t = kecepatan akhir (m/det)

a = perlambatan (m/det²)

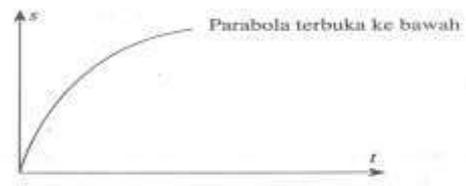
t = lama benda bergerak (detik)

s = jarak yang ditempuh benda (meter)

- Grafik kecepatan terhadap waktu



- Grafik jarak terhadap waktu



3. Gerak Jatuh Bebas

Gerak jatuh bebas adalah gerak yang hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Jika gesekan dan gaya Archimedes udara diabaikan, maka benda akan jatuh ke bumi dengan percepatan tetap, yaitu sebesar g (percepatan gravitasi bumi).

- Kedudukan:

$$\begin{aligned} s_t = h &= v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \\ s_t = h &= s_0 + \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \quad v_0 = 0 \text{ (jatuh bebas tanpa kecepatan awal)}$$

- Kecepatan:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + g t \\ v_t &= g t \end{aligned}$$

4. Gerak Vertikal Ke atas

Gerak vertikal ke atas merupakan gerak lurus berubah beraturan, dengan perlambatan sebesar g (percepatan gravitasi bumi). Percepatannya menjadi $-g$.

- Kedudukan:

$$\begin{aligned} s_t = h &= v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \\ s_t = h &= s_0 - \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \quad v_0 = 0 \text{ (jatuh bebas tanpa kecepatan awal)}$$

- Kecepatan:

$$v_t = v_0 - g t$$

- Waktu sampai ke puncak:

$$t = \frac{v_0}{g}$$

- Tinggi maksimum:

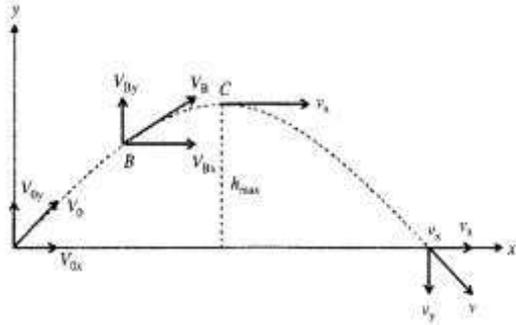
$$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

5. Gerak Parabola

Bila sebuah benda dilemparkan dari titik A dengan sudut elevasi α dan kecepatan awal v_0 maka lintasan benda berupa parabola yang terdiri dari dua macam gerakan yaitu :

- Gerak lurus beraturan pada sumbu- x
- Gerak lurus berubah beraturan diperlambat dengan perlambatan $a = -g$ pada sumbu- y

Contoh lintasan peluru di atas bidang datar



Persamaan pada sumbu x (GLB)

$$\begin{aligned} v_x &= v_0 \cos \alpha \\ x &= v_0 \cos \alpha \cdot t \end{aligned}$$

di B

$$v_B = \sqrt{v_{Bx}^2 + v_{By}^2}$$

di C

$$\begin{aligned} v_C &= v_{Cx} = v_0 \cos \alpha \\ v_{Cy} &= 0 \end{aligned}$$

v_x = kecepatan dalam arah sumbu x (m/s)
 x = jarak dalam arah sumbu x (m)

Persamaan pada sumbu y (GLBB) diperlambat

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 \sin \alpha - gt \\ h &= v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \\ v_t^2 &= v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh \end{aligned}$$

$v_0 \sin \alpha$ = kecepatan awal dalam arah sumbu-y (m/det)
 y = tinggi yang dicapai benda (meter)
 v_y = kecepatan akhir dalam arah sumbu (m/det)
 g = percepatan gravitasi (m/det²)

6. Gerak Melingkar Beraturan (GMB)

Sebuah benda dikatakan melakukan gerak melingkar beraturan bila lajunya tetap tetapi arahnya berubah sehingga timbul percepatan sentripetal.

- Ciri-ciri GMB
 - a. Besar kecepatan liniernya tetap tetapi arahnya berubah
 - b. Besar kecepatan sudutnya tetap
 - c. Besar percepatan sentripetalnya tetap (arah menuju pusat lingkaran)
 - d. Lintasannya berupa lingkaran
- Besaran-besaran pada GMB

Periode (T): waktu untuk satu kali putaran penuh. Dinyatakan dalam satuan sekon.

Frekuensi (f): banyaknya putaran per detik. Dinyatakan dalam satuan hertz (Hz).

Hubungan antara periode dan frekuensi:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{atau} \quad f = \frac{1}{T}$$

Kecepatan sudut (ω): besar sudut yang ditempuh per detik.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Kecepatan linier (v): kecepatan yang arahnya selalu menyinggung sisi lingkaran. Kecepatan linier dinyatakan dalam satuan m/det atau m/s.

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Hubungan v dengan ω

$$v = \omega R$$

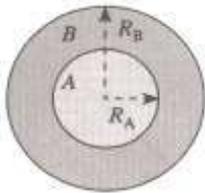
Percepatan sentripetal (a_s) dinyatakan dengan persamaan :

$$A_s = \frac{v^2}{R} \omega^2 R$$

Satuan percepatan sentripetal adalah m/s^2 .

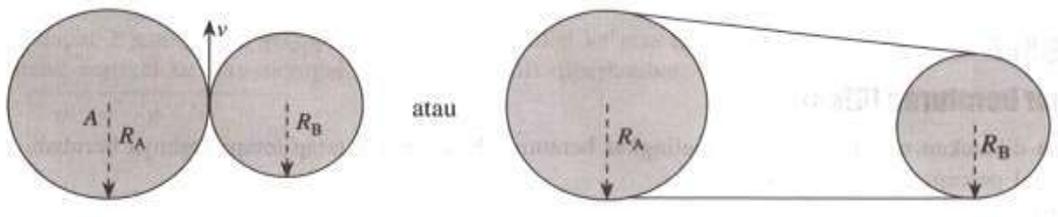
• **Penerapan gerak melingkar beraturan (GMB)**

✓ Pada 2 lingkaran sepusat



$$\begin{aligned} \omega_A &= \omega_B \\ \frac{v_A}{R_A} &= \frac{v_B}{R_B} \end{aligned}$$

✓ Pada 2 lingkaran yang bersilang atau dihubungkan dengan tali.



$$\begin{aligned} v_A &= v_B \\ \omega_A R_A &= \omega_B R_B \end{aligned}$$

E. Contoh Soal dan Penyelesaian

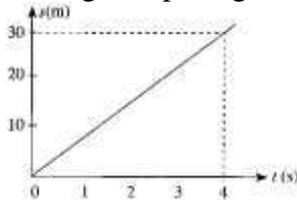
1. Akibat gelombang pasang sebuah perahu nelayan di pulau Pombo terhempas namun tidak tenggelam. Saksi mata menyatakan saat itu waktu menunjukkan pukul 04:45:00 WIT. Bila jarak lokasi kejadian dengan pesisir pantai Liang adalah 10 km dan ombak bergerak dengan kecepatan 40 km/jam, kapan perahu nelayan tersebut akan terdampar di pantai?

Penyelesaian:

$$v = \frac{s}{t} \rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{10 \text{ km}}{40 \text{ km/jam}} = \frac{1}{4} \text{ jam} = 15 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 + t \\ &= (04:45:00) + 00:15:00 \\ &= 04:60:00 \\ &= 05:00:00 \text{ WIT} \end{aligned}$$

2. Gerakan sebuah benda dinyatakan dalam bentuk grafis pada gambar di bawah ini.



Hitunglah kecepatan benda tersebut.

Penyelesaian:

Kecepatan dapat dicari dengan menghitung gradient garis.

$$v = \tan \theta = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ m/s.}$$

3. Sebuah benda yang mula-mula diam mengalami percepatan sebesar 4 m/s^2 selama 2 s. hitung kecepatan dan jarak yang ditempuh selama 2 s tersebut.

Penyelesaian :

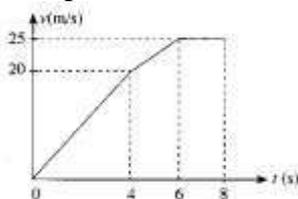
Kecepatan akhir v_t

$$V_t = v_0 + at = 0 + 4 \cdot 2 = 8 \text{ m/s}$$

Jarak tempuh

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = 0 + \frac{1}{2}(4)(2)^2 = 8 \text{ m}$$

4. Perhatikan grafik kecepatan terhadap waktu dari benda yang bergerak sepanjang garis lurus selama 8 s. Berapa jarak yang ditempuh oleh benda selama 8 s?



Penyelesaian :

Dari 0 – 4 s → GLBB

$$v_0 = 0 \text{ m/s (diam)}$$

$$v_t = 20 \text{ m/s}$$

$$t = 4 \text{ s}$$

$$S_1 = \text{luas segitiga}$$

$$= \frac{1}{2}(4)(20) = 40 \text{ m}$$

Dari 4 – 6 s → GLBB

$$v_0 = 20 \text{ m/s}$$

$$v_t = 25 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$S_2 = \text{luas trapesium}$$

$$= \frac{1}{2}(20 + 25)(2) = 45 \text{ m}$$

Dari 6 – 8 s → GLB

$$v = 25 \text{ m/s (tetap)}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$S_3 = \text{luas segi empat}$$

$$= 25 \times 2 = 50 \text{ m}$$

$$S_{\text{total}} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$= 40 \text{ m} + 45 \text{ m} + 50 \text{ m}$$

$$= 135 \text{ m}$$

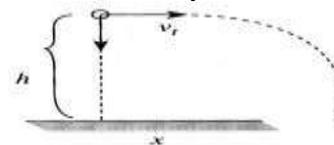
5. Sebuah pesawat tempur terbang mendarat dengan laju 1.000 m/s. pada ketinggian 500 m di atas permukaan tanah, pesawat melepaskan sebuah bom.

a. Hitunglah waktu yang diperlukan bom untuk sampai di permukaan tanah.

b. Hitunglah berapa jarak mendarat yang ditempuh bom.

Penyelesaian :

Pesawat menjadi titik acuan ($y = 0$) saat bom dilepas : $v_{0y} = 0$



$$-y = -\frac{1}{2} g t^2$$

$$500 = \frac{1}{2} (10) t^2$$

$$500 = 5 t^2$$

$$t^2 = 100$$

$$t = \sqrt{100} = 10 \text{ s}$$

Jarak mendarat yang ditempuh bom

$$x = v_0 t$$

$$x = 100 \times 10$$

$$x = 1.000 \text{ m}$$

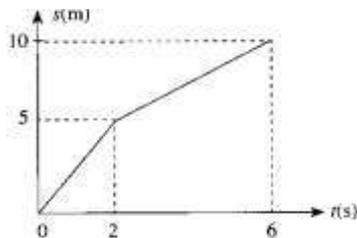
F. Soal-soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

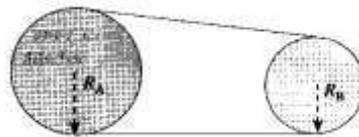
- Sebuah mobil yang bergerak dengan kecepatan awal 15 m/s meningkatkan kecepatannya dengan percepatan 2 m/s. Jarak yang ditempuh dalam waktu 6 s adalah ...
 - 162 m
 - 146 m
 - 142 m
 - 132 m
 - 126 m
- Sebuah benda dilemparkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian 100 m. Jika percepatan gravitasi 10 m/s², maka ketinggian benda diukur dari tanah pada detik ke-2 adalah ...
 - 20 m
 - 25 m
 - 50 m
 - 70 m
 - 80 m

2.



Berdasarkan grafik di atas, kecepatan rata-rata benda adalah ...

- 0,60 m/s
 - 1,67 m/s
 - 2,50 m/s
 - 3,0 m/s
 - 4,6 m/s
- Setelah bergerak selama 15 s dan menempuh jarak 345 m, kecepatan suatu benda telah mencapai 38 m/s. percepatan dan kecepatan awal benda adalah ...
 - 2 m/s² dan 8 m/s
 - 8 m/s² dan 2 m/s
 - 2 m/s² dan -8 m/s
 - 2 m/s² dan -8 m/s
 - 8 m/s² dan -2 m/s
 - Sebuah benda diajukan dari ketinggian h diatas tanah. Setelah sampai di tanah kecepatannya 10 m/s, maka waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian $\frac{1}{2} h$ dari tanah ($g = 10 \text{ m/s}^2$) adalah ...
 - $\frac{1}{2} \sqrt{2} \text{ s}$
 - 1 s
 - $\sqrt{2} \text{ s}$
 - 5 s
 - $5 \sqrt{2} \text{ s}$
 - Bola dilempar vertikal ke atas dengan kecepatan awal 54 km/jam dari suatu tempat yang berada 20 m di atas tanah. Bila $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka bola akan sampai ke tanah setelah ...
 - 4 s
 - 5 s
 - 6 s
 - 8 s
 - 9 s
 - Sebuah bola ditendang dengan sudut elevasi θ dan mencapai tinggi maksimum 45 m di atas tanah. Bila $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka lama bola di udara adalah ...
 - 12 s
 - 8 s
 - 6 s
 - 4,5 s
 - 3 s
 - Dua roda A dan B mempunyai jari-jari 50 cm dan 20 cm. Jika kecepatan sudut roda A 10 rad/s, maka kecepatan sudut roda B adalah ...
 - 10 rad/s
 - 25 rad/s
 - 50 rad/s
 - 200 rad/s
 - 500 rad/s



- **Essay**

1. Gelombang laut dengan ketinggian 3 meter yang berjarak 45 meter dari Pantai Batu Merah menghantam pesisir pantai dengan waktu jelajah 3 menit sehingga mengakibatkan kerusakan pada sejumlah kios Pedagang Kaki Lima (PKL). Berapakah kecepatan rambat gelombang laut tersebut? Nyatakan dalam m/s?
2. Wedhus Gembel (awan panas) Gunung Merapi meluncur dengan kecepatan 60 km/jam. Bila diketahui panjang lintasan luncur awan panas 1500 meter, kapankah awan panas tersebut sampai ke kaki merapi?
4. Persamaan gerak suatu bakteri tidak matikan dinyatakan oleh fungsi $x = \left(\frac{1}{10}\right)t^3$ dalam satuan *meter* dan t dalam *detik*.
Hitung:
 - a) Kecepatan rerata dalam selang $t = 1$ det s.d. $t = 6$ det,
 - b) Kecepatan sesaat pada $t = 8$ detik,
 - c) Percepatan rerata dalam selang $t = 3$ det s.d. $t = 6$ det
 - d) Percepatan sesaat pada $t = 4$ detik
5. Seorang anak ingin menembak burung yang bertengger pada pohon yang berjarak 100 m dari anak tersebut dengan sebuah ketapel. Burung berada pada ketinggian 80 meter dari tanah. Bila anak mengarahkan ketapelnya membentuk sudut 45° terhadap arah mendatar. Berapa kecepatan awal ketapel supaya burung tersebut kena tembak?

G. Glosarium

Gerak Lurus. Bila lintasan gerak benda berupa garis lurus. Sebuah benda dikatakan bergerak terhadap benda lain jika posisinya berubah menurut waktu.

Gerak Lurus Beraturan (GLB). Gerak benda dengan lintasan berupa garis lurus dan kecepatan tetap.

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Gerak benda dengan lintasan berupa garis lurus dan dalam selang waktu yang sama perubahan kecepatannya (percepatan) tetap.

Gerak Parabola. Sebuah benda dikatakan melakukan gerak parabola bila lintasan benda berupa parabola dan terjadi dua macam gerakan yaitu Gerak lurus beraturan pada sumbu x dan Gerak lurus berubah beraturan diperlambat dengan perlambatan $a = -g$ pada sumbu y .

Gerak melingkar beraturan (GMB). Sebuah benda dikatakan melakukan gerak melingkar beraturan bila lajunya tetap tetapi arahnya berubah sehingga timbul percepatan sentripetal.

Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda. Jarak merupakan besaran *skalar* karena hanya mempunyai nilai saja.

Kecepatan adalah perpindahan yang ditempuh tiap satuan waktu. Besaran ini merupakan besaran *vektor*.

Kecepatan sesaat adalah kecepatan pada waktu tertentu.

Kecepatan rata-rata adalah perpindahan suatu benda dibagi waktu yang diperlukan benda tersebut untuk berpindah.

Kinematika Partikel adalah cabang mekanika yang mempelajari gerakan titik materi/partikel tanpa memperhatikan penyebabnya.

Laju adalah jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Besaran ini merupakan besaran *skalar*.

Percepatan adalah perubahan kecepatan tiap satuan.

Percepatan sesaat adalah percepatan pada waktu tertentu.

Percepatan rata-rata adalah percepatan benda yang bergerak dalam selang waktu t_1 dan t_2 .

Perpindahan adalah perubahan posisi suatu benda dan merupakan besaran *vektor* karena mempunyai nilai dan arah.

H. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 4

DINAMIKA PARTIKEL

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
7.	Menjelaskan Hukum Newton sebagai konsep dasar dinamika dan mengaplikasikannya dalam persoalan-persoalan dinamika sederhana.	<ul style="list-style-type: none">• Mendeskripsikan pengertian Hukum-hukum Newton tentang gerak dengan menggunakan gambar (diagram) gaya dan memberikan contoh serta aplikasinya• Mendeskripsikan pengertian gaya berat dan gaya gesekan, serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari• Mendeskripsikan konsep gaya sentripetal pada Gerak Melingkar Beraturan• Menunjukkan kecakapan individu dan sosial dalam kerja kelompok	Dinamika Partikel <ul style="list-style-type: none">• HK I Newton• HK II Newton• HK III Newton
8.	Menginterpretasikan Hukum-hukum Newton dan penerapannya pada gerak benda	<ul style="list-style-type: none">• Menganalisis gerak benda di bawah pengaruh gesekan• Menerapkan Hukum-hukum Newton tentang Gravitasi• Menganalisis gerak di bawah pengaruh gaya pegas	Dinamika Gerak <ul style="list-style-type: none">• Gaya Gesekan• Medan Gravitasi• Gaya PegasHK I Newton
9.	Memprediksi Besaran-besaran fisika pada Gerak Melingkar Beraturan (GMB) dan Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB).	<ul style="list-style-type: none">• Menjelaskan karakteristik gerak melingkar beraturan (GMB) dan Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB)• Merumuskan percepatan sentripetal pada gerak melingkar	Dinamika Gerak <ul style="list-style-type: none">• GMB• GMBB

4. DINAMIKA PARTIKEL

A. Pengertian

- Dinamika adalah cabang mekanika yang mempelajari gerakan benda dengan konsep ruang dan waktu serta dengan memperhatikan penyebab geraknya.
- Gaya adalah tarikan dan atau dorongan. Efek yang ditimbulkan gaya pada benda: menimbulkan perubahan gerak, menimbulkan perubahan kecepatan dan menyebabkan perubahan bentuk benda.

B. Hukum Newton

1. Hukum I Newton (Hukum kelembaman)

Setiap benda yang diam akan tetap diam atau benda yang bergerak lurus beraturan akan tetap bergerak lurus beraturan jika resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut sama dengan nol. Hukum ini juga dikenal dengan istilah Hukum Kelembaman. Hukum ini dituliskan sebagai:

$$\Sigma F = 0$$

2. Hukum II Newton

Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada sebuah benda berbanding lurus dan searah gaya tersebut dan berbanding terbalik dengan massa benda. Hukum ini dituliskan sebagai:

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

ΣF = jumlah gaya (Newton, N)

m = massa benda (kg)

a = percepatan benda (m/det^2)

3. Hukum III Newton

Besar gaya aksi sama dengan gaya reaksi, sedangkan arahnya berlawanan dan keduanya bekerja pada dua benda yang berbeda.

$$\Sigma F_{aksi} = - \Sigma F_{reaksi}$$

C. Berat dan Massa

Berat suatu benda adalah gaya yang bekerja pada benda yang disebabkan oleh tarikan bumi. Gaya tarik bumi disebut gaya gravitasi. Bila Hukum II Newton diterapkan disini, akan diperoleh:

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

\vec{W} dan \vec{g} merupakan vektor yang arahnya menuju pusat bumi, sehingga dapat ditulis:

$$W = mg.$$

$$m = \frac{W}{g}$$

Dengan demikian, bila sebuah benda bermassa m bergerak dengan percepatan a , dapat dikatakan bahwa percepatan dihasilkan oleh gaya:

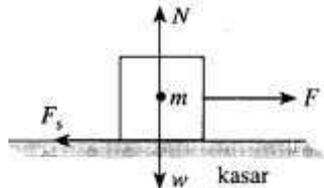
$$\vec{F} = \frac{W}{g} \cdot \vec{a}$$

D. Gaya Gesek

- Gerak benda pada bidang kasar

Jika benda ditarik pada bidang kasar maka pada benda bekerja gaya gesekan. Arah gaya gesekan selalu berlawanan dengan arah gerak benda. Gaya gesekan ada 2, yaitu gaya gesek statis (F_s) dan gaya gesek kinetik (F_k).

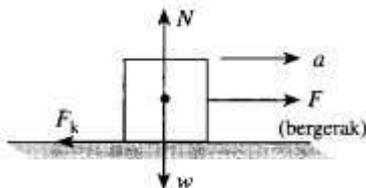
1. Gaya gesek statis (F_s) bekerja pada benda yang *diam* atau *sesaat akan bergerak*.



$$F_s = \mu_s N$$

μ_s = koefisien gesekan statis; F_s = gaya gesek statis (N)
 N = gaya normal

2. Gaya gesek kinetik F_k bekerja pada benda yang sedang bergerak



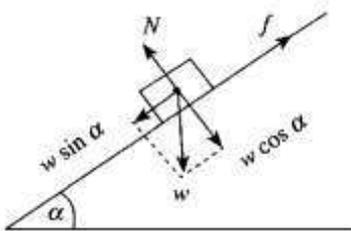
$$F_k = \mu_k N$$

$$\sum F = ma$$

$$F - F_k = ma$$

μ_k = koefisien gesekan kinetik, a = percepatan benda (m/s^2), m = massa benda (kg)
 F = gaya yang bekerja pada benda (N)

- Bidang miring kasar



Gaya dalam arah vertikal

$$\sum F_y = 0$$

$$N = w \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

Gaya dalam arah horizontal

$$\sum F_x = m a$$

$$w \sin \alpha - f = ma$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$

Percepatan sistem

$$a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Bila benda bergerak ke bawah dengan kecepatan tetap ($a = 0$) maka

$$\sum F_x = 0$$

$$w \sin \alpha = f$$

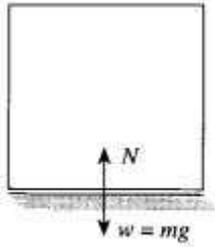
$$w \sin \alpha = \mu w \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

E. Penerapan Hukum Newton

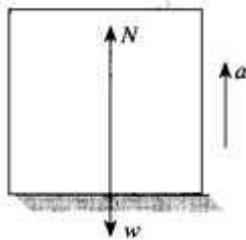
1. Pada Lift

a. Lift diam/bergerak lurus beraturan



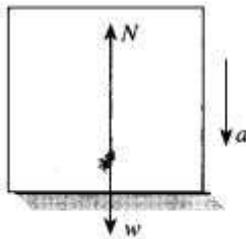
$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ N - W &= 0 \\ N &= W \\ W &= \text{berat orang (N)} \\ N &= \text{gaya normal}\end{aligned}$$

b. Lift dipercepat ke atas



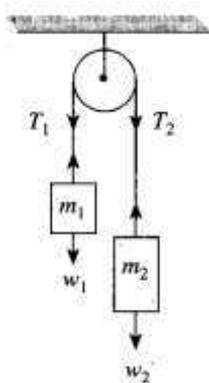
$$\begin{aligned}N &> w \\ N - w &= ma \\ \boxed{N = w + ma} \\ A &= \text{percepatan lift (m/det}^2\text{)}\end{aligned}$$

c. Lift dipercepat ke bawah



$$\begin{aligned}N &< w \\ w - N &= ma \\ \boxed{N = w - ma}\end{aligned}$$

2. Pada benda yang digantung dengan tali melalui katrol.



$M_k = 0$ (massa katrol diabaikan), $m_2 > m_1$

Benda 1

$$\begin{aligned}\Sigma F_1 &= m_1 a \\ T_1 - w_1 &= m_1 a\end{aligned}$$

$$\boxed{T_1 = w_1 - m_1 a}$$

Benda 2

$$\begin{aligned}\Sigma F_2 &= m_2 a \\ W_2 - T_2 &= m_2 a\end{aligned}$$

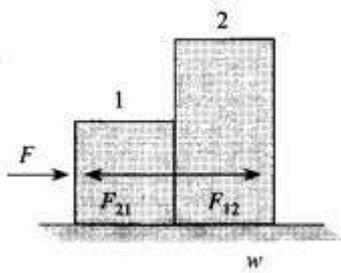
$$\boxed{T_2 = w_2 - m_2 a}$$

Percepatan sistem

$$\boxed{a = \frac{w_2 - w_1}{m_1 + m_2}}$$

T_1 dan $T_2 =$ tegangan tali (N) dan $a =$ percepatan benda (m/det^2)

3. Gaya kontak



Benda 1

$$\sum F_1 = m_1 a$$

$$F - F_{21} = m_1 a$$

Benda 2

$$\sum F_2 = m_2 a$$

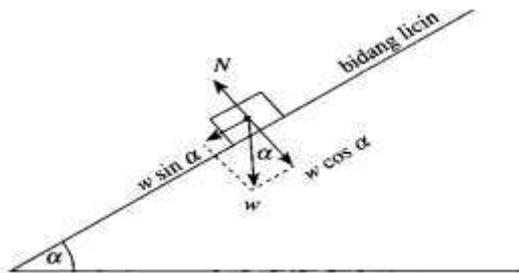
$$F_{12} = m_2 a$$

Percepatan sistem

$$F = (m_1 + m_2) a$$

- F = gaya dorong (N),
- F_{12} dan F_{21} = gaya kontak (N),
- a = percepatan benda (m/det^2)
- m_1 = massa benda 1 (kg)
- m_2 = massa benda 2 (kg)

4. Pada bidang miring



Gaya dalam arah vertikal

$$\sum F_y = 0$$

$$N - w \cos \alpha = 0$$

$$N = w \cos \alpha$$

Gaya dalam arah horizontal

$$\sum F_x = ma$$

$$w \sin \alpha = ma$$

$$mg \sin \alpha = ma$$

$$A = g \sin \alpha$$

N = gaya tekan normal

a = percepatan benda (m/det^2)

5. Benda yang dihubungkan tali



Benda 2

$$F - T_2 = m_2 a$$

Benda 1

$$T_1 = m_1 a$$

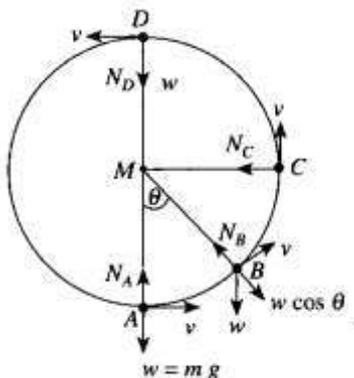
Percepatan sistem

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

T_1 = gaya tegangan tali (N), a = percepatan benda (m/det^2)

6. Pada benda yang bergerak pada lingkaran

a. Benda melalui sisi dalam lingkaran vertikal



• **Pada titik A**

$$\sum F = m \frac{v^2}{R}$$

$$N_A - w = m \frac{v^2}{R} \rightarrow$$

$$N_A = w + m \frac{v^2}{R}$$

• **Pada titik B**

$$N_B - w \cos \theta = m \frac{v^2}{R} \rightarrow$$

$$N_B = w \cos \theta + m \frac{v^2}{R}$$

- Pada titik C
$$N_C = m \frac{v^2}{R}$$

- Di titik D

$$\sum F = m \frac{v^2}{R}$$

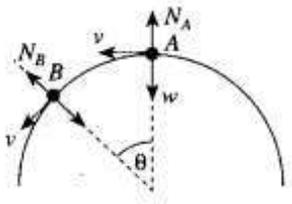
$$N_D + w = m \frac{v^2}{R} \rightarrow N_D = m \frac{v^2}{R} - w$$

N = gaya tekan normal (N), R = jari-jari lingkaran (m), m = mssa benda (kg)

Catatan:

Gaya normal terbesar yaitu di titik terendah dan gaya normal terkecil yaitu di titik tertinggi. Syarat benda meninggalkan bidang lingkaran, yaitu $N = 0$

b. Benda melalui sisi luar lingkaran



- Gaya dalam arah vertical

$$\sum F_A = m \frac{v^2}{R}$$

$$w - N_A = m \frac{v^2}{R}$$

$$N_A = w - m \frac{v^2}{R}$$

- Gaya dalam arah horizontal

$$\sum F_B = m \frac{v^2}{R}$$

$$w \cos \theta - N_B = m \frac{v^2}{R}$$

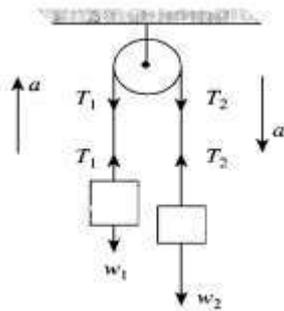
$$N_B = w \cos \theta - m \frac{v^2}{R}$$

F. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Dua buah benda yang masing-masing bermassa 2 kg dan 3 kg digantung dengan seutas tali melalui sebuah katrol yang massanya diabaikan. Hitunglah percepatan kedua benda dan tegangan talinya.

Penyelesaian :

Perhatikan diagram gaya-gaya berikut :



Misalkan $m_1 = 2$ kg dan $m_2 = 3$ kg, maka sistem bergerak ke arah m_2 . Berarti percepatan sistem

$$a = \frac{w_2 - w_1}{m_1 + m_2} = \frac{30 - 20}{2 + 3} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/det}^2$$

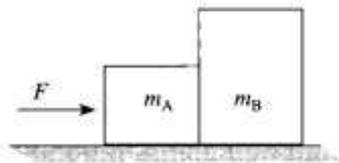
besarnya tegangan tali dapat dihitung dari benda 1.

$$T_1 - w_1 = m_1 a \rightarrow T_1 = w_1 + m_1 a = 20 + (2)(2) = 24 \text{ N}$$

Besarnya tegangan tali dapat pula dihitung dari benda 2.

$$w_2 - T_2 = m_2 a \rightarrow T_2 = w_2 + m_2 a = 30 + (3)(2) = 24 \text{ N}$$

2. Dua buah A dan B massanya masing-masing 3 kg dan 7 kg didorong dengan gaya 30 N seperti gambar di bawah. Bila $g = 10$ m/det, hitung percepatan dan gaya kontak yang bekerja pada benda pertama.

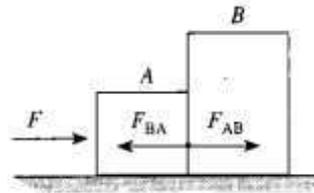


Penyelesaian :

Percepatan system adalah :

$$a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{30}{3 + 7} = 3 \text{ m/det}^2$$

Gaya kontak dapat dihitung dengan meninjau benda A



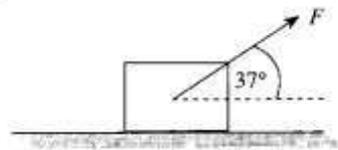
$$\sum F = m_A a \text{ (tinjau benda A)}$$

$$F - F_{BA} = m_A a$$

$$30 - F_{BA} = (3)(3)$$

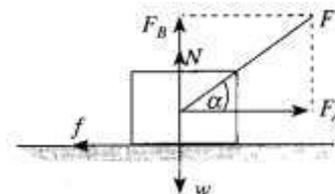
$$F_{BA} = 30 - 9 = 21 \text{ N}$$

3. Sebuah benda ditarik di atas bidang yang datar yang kasar dengan gaya 50 N seperti gambar di bawah. Massa benda 8 kg koefisien gesek kinetiknya 0,2. Hitunglah besar gaya gesek dan percepatan benda.



Penyelesaian :

Untuk menghitung gaya gesek yang bekerja, terlebih dulu harus dihitung gaya normal benda.



Dari gambar diketahui :

$$F_A = F \cos \alpha = 50 \cos 37^\circ = 40 \text{ N}$$

$$F_B = F \sin \alpha = 50 \sin 37^\circ = 30 \text{ N}$$

Tinjau arah vertical :

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B + N - w = 0$$

$$N = w - F_B$$

$$N = 80 - 30 = 50 \text{ N}$$

Maka besar gaya gesek f adalah :

$$f = \mu N$$

$$f = 0,2 \times 50 = 10 \text{ N}$$

Untuk menghitung percepatan benda, tinjaulah arah horizontal.

$$\sum f_x = m a$$

$$F_A - f = m a \rightarrow a = \frac{F_A - f}{m} = \frac{40 - 10}{8} = 3,75 \text{ m/det}^2$$

4. Sebuah benda massanya 3 kg diikat dengan tali lalu diputar sehingga lintasan berbentuk lingkaran vertical dengan jari-jari 50 cm. bila kecepatan liniernya 5 m/det, hitunglah tegangan tali benda :

- Di dasar lingkaran
- Di puncak lingkaran

Penyelesaian :

- Di dasar lingkaran berlaku

$$T_A - w = m \frac{v^2}{R}$$

$$T_A = w + m \frac{v^2}{R} = (3)(10) + (3) \left(\frac{5^2}{0,5} \right) = 30 + 150 = 180 \text{ N}$$

- Di puncak lingkaran berlaku :

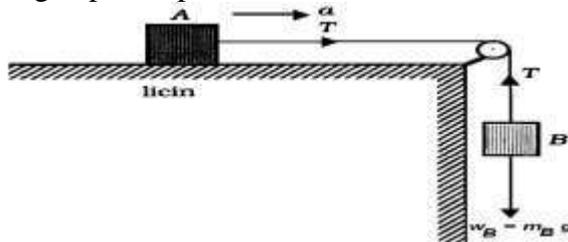
$$T_B + w = m \frac{v^2}{R}$$

$$T_B = m \frac{v^2}{R} - w = 150 - 30 = 120 \text{ N}$$

G. Soal-Soal Latihan

• **Essay**

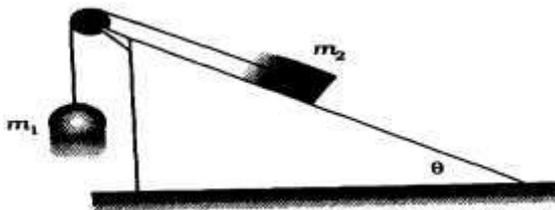
- Sebuah balok A dengan massa m_A diletakkan di atas bidang datar yang licin, seperti pada Gambar 1. Balok A dihubungkan dengan beban B yang bermassa m_B melalui sebuah katrol yang dapat berputar.



- Buktikan bahwa percepatan sistem tersebut, $a = \frac{m_B g}{m_A + m_B}$

- Bila $m_A = 1,5 \text{ kg}$; $m_B = 3,5 \text{ kg}$ dan percepatan gravitasi, $g = 10 \text{ m/s}^2$. Hitung besarnya Tegangan Tali (T)?

- Dua benda dengan massa berbeda dihubungkan dengan tali melalui katrol yang dapat bergerak bebas tanpa gesekan seperti pada Gambar 2.



Buktikan:

- Buktikan bahwa percepatan sistem tersebut, $a = \frac{m_2 g \sin \theta - m_1 g}{m_1 + m_2}$

- Tegangan Tali, $T = m_1 m_2 g \left(\frac{\sin \theta + 1}{m_1 + m_2} \right)$

H. Glosarium

Dinamika Partikel adalah cabang mekanika yang mempelajari gerakan titik materi/partikel dengan memperhatikan gaya penyebabnya.

Diagram benda bebas adalah diagram pada masing-masing benda yang menggambarkan semua gaya yang bekerja pada benda itu.

Gaya adalah tarikan dan atau dorongan.

Gaya konservatif adalah gaya dengan usaha (kerja) yang dilakukan tidak tergantung pada lintasan, tetapi hanya tergantung pada posisi awal dan posisi akhir.

Gaya non konservatif adalah gaya dengan usaha (kerja) yang dilakukan tergantung pada lintasan yang ditempuh.

Gaya aksi. Gaya yang ditimbulkan oleh suatu benda terhadap benda lain yang saling bersentuhan.

Gaya reaksi. Gaya yang ditimbulkan oleh suatu benda yang merupakan perlawanan terhadap gaya aksi yang ditimbulkan oleh benda yang saling bersentuhan.

Gaya Berat (W). Merupakan resultan gaya tarik bumi dan gaya sentrifugal yang bekerja pada suatu benda. Secara matematis dirumuskan: $W = m \cdot g$.

Gaya Normal (N). Merupakan yang bekerja pada bidang yang bersentuhan antara dua permukaan benda yang arahnya selalu tegak lurus dengan bidang sentuh.

Gaya gesek. Gaya yang arahnya menentang arah gerak benda pada suatu permukaan yang saling bersentuhan dan besarnya tergantung kondisi permukaan yang saling bersentuhan tersebut.

Gaya gesek statis. Gaya gesekan yang bekerja saat benda dalam keadaan diam. Koefisien gesekan dari gaya gesekan ini disebut koefisien gesekan kinetik (μ_k).

Gaya gesek kinetik. Gaya gesekan yang bekerja pada suatu benda bila benda itu bergerak terhadap benda lain. Koefisien gesekan dari gaya gesekan ini disebut koefisien gesekan statis (μ_s).

I. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 5

KERJA DAN ENERGI

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
10.	Membedakan konsep energi, usaha dan daya serta mampu mencari hubungan antara usaha dan perubahan energi.	<ul style="list-style-type: none">• Memformulasikan hubungan antara gaya, usaha, energi dan daya ke dalam bentuk persamaan• Menunjukkan kaitan antara usaha dan perubahan Energi Kinetik	Kerja dan Energi <ul style="list-style-type: none">• Energi Potensial• Energi Kinetik• Energi Mekanik
11.	Menerapkan Hukum Kekekalan Energi Mekanik dalam kehidupan sehari-hari.	<ul style="list-style-type: none">• Merumuskan Hukum Kekekalan Energi Mekanik pada medan gaya konservatif• Menerapkan Hukum Kekekalan Energi Mekanik dalam persoalan sehari-hari	Kerja dan Energi <ul style="list-style-type: none">• Energi Potensial• Energi Kinetik• Usaha dan Energi

5. KERJA DAN ENERGI

A. Pengertian

- **Usaha (W)** adalah kerja yang dilakukan oleh gaya untuk memindahkan benda. Usaha termasuk ke dalam besaran skalar usaha dan merupakan perkalian titik (*dot product*) antara gaya dengan perpindahan.

$$\begin{aligned} W &= F \cdot s \\ W &= F s \cos \theta \end{aligned}$$

F = gaya yang bekerja pada benda (N)
 s = perpindahan (m)
 W = usaha (joule)

- **Energi** adalah kemampuan untuk melakukan suatu usaha.

B. Kerja dan Energi Kinetik

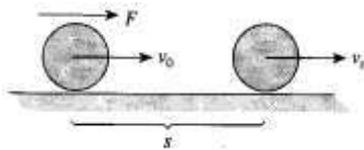
- Energi kinetik adalah energi dimiliki oleh benda karena geraknya atau yang sedang bergerak. Persamaan energi kinetik adalah:



$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

m = massa benda (kg)
 v = kecepatan benda (m/det)
 E_k = energi kinetik (joule)

- Hubungan kerja dengan energi kinetik kerja menghasilkan perubahan energi kinetik. Hal ini dapat dinyatakan pada persamaan berikut.

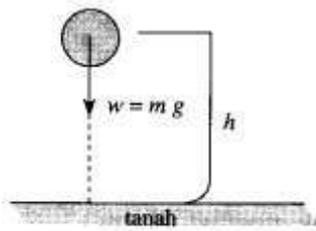


$$\begin{aligned} W &= F s = ma s = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \\ W &= E_{k2} - E_{k1} \\ W &= \Delta E_k \end{aligned}$$

E_{k1} = energi kinetik awal
 E_{k2} = energi kinetik akhir

C. Kerja dan Energi Potensial

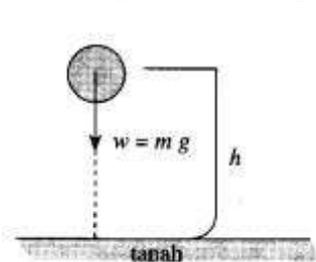
- Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena kedudukannya atau keadaannya.



$$E_p = mgh$$

m = massa benda (kg)
 g = percepatan gravitasi (m/det²)
 h = ketinggian benda di atas tanah (m)
 E_p = energi potensial (joule)

- Hubungan usaha dengan energi potensial

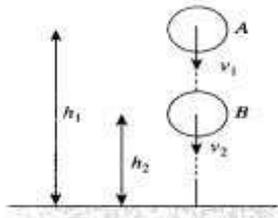


$$\begin{aligned} W &= F s = mg (h_2 - h_1) \\ W &= mgh_2 - mgh_1 \\ W &= E_{p2} - E_{p1} \\ W &= \Delta E_p \end{aligned}$$

$E_{p1} = mgh_1$ = energi potensial awal
 $E_{p2} = mgh_2$ = energi potensial akhir
 Usaha merupakan pengurangan energi potensial.

D. Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Bila tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda, maka jumlah energi potensial dan energi kinetiknya adalah tetap. Hukum kekekalan energy mekanik hanya berlaku untuk gaya-gaya konservatif.



$$E_p + E_k = \text{konstan}$$

$$E_{m1} = E_{m2}$$

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{k2} + E_{k2}$$

$E_m = \text{Energi Mekanik}$

E. Daya

Daya adalah kerja yang dilakukan per satuan waktu. Selain itu daya juga diartikan sebagai banyaknya energy yang diubah dari satu sistem ke sistem lainnya tiap selang waktu yang diperlukan. Secara matematis, daya dirumuskan sebagai:

$$P = \frac{W}{t} = F \frac{ds}{dt} = F v$$

$P = \text{daya} = (\text{joule/detik}) = \text{watt}$

$W = \text{usaha} (\text{joule})$

$t = \text{waktu} (\text{detik}).$

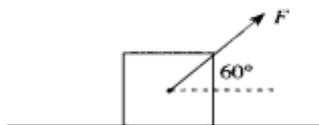
- Satuan lain energi: kWh = kilo Watt Hour

$$1 \text{ kWh} = (10^3 \text{ Watt}) (3600 \text{ detik})$$

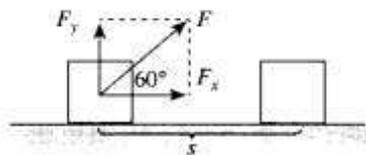
$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ joule}$$

F. Contoh Soal dan Penyelesaian

- Sebuah benda yang bermassa 4 kg ditarik oleh gaya tetap $F = 50 \text{ N}$ dan ternyata benda tersebut berpindah sejauh 5 m seperti gambar di bawah. Berapa usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut?



Penyelesaian:



Gaya yang diperhitungkan hanyalah gaya yang searah dengan perpindahan benda. Dalam kasus ini, benda berpindah dalam arah horizontal, sehingga komponen gaya yang menghasilkan usaha adalah F_x .

$$F_x = F \cos \theta = 50 \cos 60^\circ = 50 \times \frac{1}{2} = 25 \text{ N}$$

$$\text{Maka: } W = F_x s = 25 \times 5 = 125 \text{ J.}$$

- Sebuah durian yang massanya 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 100 m. Jika percepatan gravitasi bumi 10 m/det^2 , berapa kerja yang dilakukan oleh gaya berat durian sampai ketinggian 20 m.

Penyelesaian:

$$W = m \cdot g (h_2 - h_1)$$

$$W = (2 \text{ kg}) (10 \text{ m/det}^2) (100 - 20) \text{ m}$$

$$W = 1600 \text{ joule} = 1,6 \text{ kJ}$$

- Seorang yang bermassa 60 kg menaiki tangga yang tingginya 15 m dalam waktu 2 menit. Jika percepatan gravitasi bumi 10 m/det^2 , berapa daya yang dilakukan orang tersebut.

Penyelesaian:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$$

$$P = \frac{60 \times 10 \times 15}{2 \times 60}$$

$$P = 73,5 \text{ watt}$$

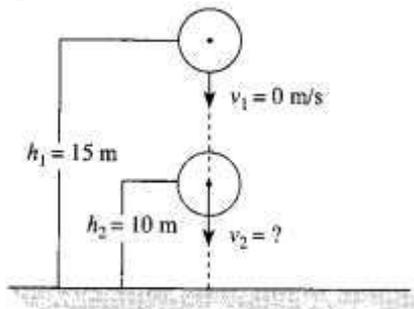
4. Sebuah buah kelapa massanya 1 kg jatuh bebas dari ketinggian 15 m dari permukaan tanah. Hitunglah:

- Energi kinetik buah kelapa saat mencapai ketinggian 15 m dari tanah.
- Energi kinetik kelapa sesaat mencapai tanah.

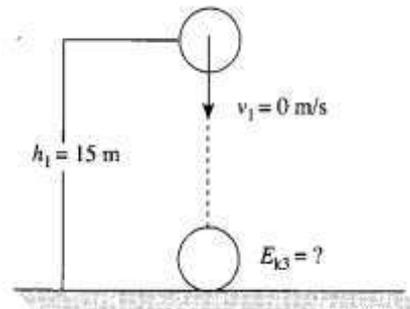
Penyelesaian :

Untuk kedua kasus di atas, gunakan Hukum kekekalan energi mekanik.

$$\begin{aligned}
 \text{a. } E_{m1} &= E_{m2} \\
 \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 &= \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \\
 \frac{1}{2}(1)0 + (1)(10)(15) &= \frac{1}{2}(1)v_2^2 + (1)(10)(10) \\
 0 + 150 &= \frac{1}{2}v_2^2 + 100 \\
 150 - 100 &= \frac{1}{2}v_2^2 \\
 50 &= \frac{1}{2}v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 100 \\
 v_2 &= \sqrt{100} = 10 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{b. } E_{m1} &= E_{m3} \\
 \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 &= E_{k3} + mgh_3 \\
 (1)(10)(15) &= E_{k3} + 0 \\
 E_{k3} &= 150 \text{ J}
 \end{aligned}$$



G. Soal-Soal Latihan

• **Essay**

- Sebuah balok yang massanya 2,5 kg didorong ke atas pada sebuah bidang miring yang kasar dengan kemiringan 30° dan koefisien gesek kinetik $\mu_k = 0,4$. (a) jika benda bergeser sejauh 2 m, hitunglah kerja yang dilakukan oleh gaya gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/det}^2$). (b) Jika gaya yang bekerja 18 N, hitunglah kerja yang dilakukan oleh gaya tersebut. (c) Hitunglah kerja oleh gaya gesek. (d) Hitunglah kerja totalnya.
- Sebuah gaya bekerja pada sebuah partikel yang massanya 54 kg, sehingga posisi partikel sebagai fungsi waktu dengan persamaan $x = 6t + 8t^2 + 2t^3$. Tentukan: (a) usaha yang dilakukan oleh gaya itu selama 3 detik pertama. (b) usaha setiap detik yang dilakukan oleh gaya itu pada partikel saat $t = 2$ detik.
- Sebuah batu dijatuhkan dari sebuah gudang dengan ketinggian h dari permukaan tanah. Pada ketinggian berapakah energi kinetiknya sama dengan energi potensialnya?
- Buktikan bahwa kerja sama dengan perubahan Energi Kinetik atau $W = \Delta E_K$!
- Buktikan bahwa kerja sama dengan perubahan Energi Potensial atau $W = \Delta E_P$!

H. Glosarium

Daya adalah usaha yang dilakukan oleh gaya per satuan waktu kecepatan untuk melakukan suatu usaha.

Energi adalah Kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja.

Energi kinetik (E_k) adalah energi dimiliki oleh benda yang sedang bergerak.

Energi potensial (E_p) adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena kedudukannya.

Hukum Kekekalan Energi Mekanik. Bila tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda, maka jumlah energi potensial dan energi kinetiknya adalah tetap.

Teorema usaha energi. Teorema yang menyatakan usaha total yang dilakukan sebuah partikel sama dengan perubahan energi kinetik partikel.

Usaha (W) adalah kerja yang dilakukan oleh gaya untuk memindahkan benda. Usaha termasuk ke dalam besaran skalar usaha dan merupakan perkalian titik (*dot product*) antara gaya dengan perpindahan.

I. Daftar Pustaka

Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.

Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.

David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.

Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid I*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 6

MOMENTUM DAN IMPULS

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
12.	Memformulasikan konsep Impuls sebagai deskripsi interaksi dan momentum sebagai deskripsi keadaan ke dalam bentuk persamaan.	<ul style="list-style-type: none">• Merumuskan Hukum Kekekalan Momentum untuk sistem tanpa gaya luar• Menerapkan prinsip-prinsip Kekekalan Momentum untuk menyelesaikan masalah yang menyangkut interaksi melalui gaya-gaya internal• Mengintegrasikan Hukum Kekekalan Energi dan Momentum untuk peristiwa Tumbukkan	Momentum Linier dan Impuls <ul style="list-style-type: none">• Pengertian momentum• Hukum Kekekalan momentum• Jenis-jenis tumbukkan

6. MOMENTUM DAN IMPULS

A. Pengertian

Momentum linier didefinisikan sebagai hasil kali massa dengan kecepatan benda atau jumlah gerak suatu benda..

$$P = m v$$

m = massa (kg)

v = kecepatan benda (m/det),

P = momentum (kg m/det)

Momentum linier sebuah benda yang massanya m dan bergerak dengan kecepatan v didefinisikan sebagai $\vec{P} = m\vec{v}$.

Momentum merupakan besaran vektor yang arahnya searah dengan vektor kecepatannya. Untuk gerak tiga dimensi (*trimatra*). Vektor momentum didefinisikan sebagai:

$$\begin{aligned} \vec{P}_x &= m\vec{v}_x \\ \vec{P}_y &= m\vec{v}_y \\ \vec{P}_z &= m\vec{v}_z \end{aligned}$$

Impuls adalah hasil perkalian antara gaya konstan (F) dengan selang waktu (Δt) dan terjadi hanya sesaat. Impuls merupakan besaran vektor.

$$I = F \Delta t$$

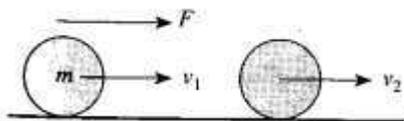
F = gaya (Newton, N)

Δt = selang waktu (detik, det)

I = impuls (Ndet) atau (Ns)

B. Hubungan Impuls dengan Momentum Linier

Impuls merupakan perubahan momentum dan dimensi impuls sama dengan dimensi momentum.



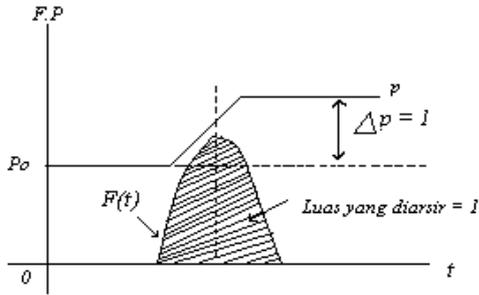
$$\begin{aligned} I &= P_2 - P_1 \\ I &= mv_2 - mv_1 \\ I &= \Delta P \end{aligned}$$

$P_1 = mv_1$ = momentum awal (kg m/s)

$P_2 = mv_2$ = momentum akhir (kg m/s)

ΔP = Perubahan momentum

Perubahan momentum yang terjadi adalah sama dengan impuls yang dilakukan suatu benda. Untuk gerak lurus, maka $I = \Delta p$. Perubahan momentum terjadi dalam selang waktu $f(t) \neq 0$. Ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Sebelum gaya $F(t)$ bekerja, benda bergerak dengan percepatan konstan, jadi momentum juga tidak bergantung pada t . Hal ini sama berlaku setelah $F(t)$ selesai bekerja. Impuls (I) = $\int Fdt = \Delta p$, jadi impuls = perubahan momentum. Pernyataan ini dikenal sebagai *teorema impuls – momentum*.

Kerja yang dilakukan oleh gaya F pada benda yaitu: $w = \int Fds = \Delta E$. Jadi kerja adalah bentuk perubahan energi.

C. Hukum Kekekalan Momentum Linier

Hukum kekekalan momentum linier dirumuskan sebagai:

Bila resultan gaya luar yang bekerja pada benda sama dengan nol, momentum tetap atau kekal.

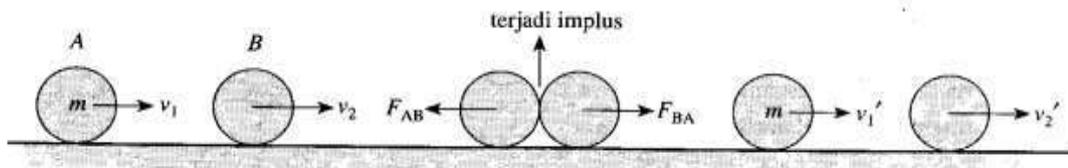
Dinyatakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 &= P_1' + P_2' \\ m_1v_1 + m_2v_2 &= m_1v_1' + m_2v_2' \end{aligned}$$

$m_1v_1 + m_2v_2$ = jumlah momentum awal

$m_1v_1' + m_2v_2'$ = jumlah momentum akhir

Persamaan ini merupakan perumusan kekekalan momentum linier untuk tumbukan dua benda. Momentum sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama.



D. Tumbukan (*collision*) dan Jenis-jenis Tumbukan

Tumbukan adalah peristiwa yang terjadi bila dua benda/lebih saling mendekati dan berinteraksi dengan kuat kemudian saling menjauh. Dalam semua peristiwa tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum linier bagaimanapun sifat gayanya.

Macam-macam tumbukan

1. Tumbukan lenting (elastis) sempurna
 - Berlaku Hukum Kekekalan Momentum Linier
 - Berlaku Hukum Kekekalan Energi Kinetik
 - Koefisien restitusinya sama dengan satu ($e = 1$)

$$e = - \frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$

v_1 dan v_2 = kecepatan mula-mula (sebelum tumbukan)

v_1' dan v_2' = kecepatan setelah tumbukan

e = koefisien restitusi

2. Tumbukan lenting (elastis) sebagian
 - Berlaku Hukum Kekekalan Momentum Linier
 - Tidak berlaku Hukum Kekekalan Energi Kinetik
 - Koefisien restitusinya : $0 < e < 1$
3. Tumbukan tidak lenting (tidak elastis) sama sekali
 - Berlaku Hukum Kekekalan Momentum
 - Tidak berlaku Hukum Kekekalan Energi Kinetik
 - Koefisien restitusinya: $e = 0$
 - Kecepatan setelah tumbukan:

$$v_1' = v_2'$$

E. Gerak Roket

Roket meluncur disebabkan oleh pancaran sebagian massanya ke arah belakang. Gaya ke depan pada roket adalah gaya reaksi terhadap pancaran sebagian massanya. Misalkan roket bergerak vertikal ke atas. Faktor perbedaan percepatan gravitasinya g dan gesekan udara diabaikan. Misalkan massa roket mula-mula m dan kecepatannya \vec{v} terhadap kerangka yang diam. Dalam interval dt , sejumlah massa persatuan waktu μ memancar dengan kecepatan $\vec{\mu}$ relatif terhadap roket, atau kecepatan pancaran massa terhadap kerangka yang diam $\vec{v} = \vec{v} - \vec{\mu}$ dengan demikian setelah waktu dt , jumlah massa yang terpancar μdt , massa roket menjadi $m - \mu dt$ dan kecepatan roket bertambah menjadi $\vec{v} + d\vec{v}$.

Sedangkan gaya luar yang bekerja pada sistem hanya gaya beratnya yaitu mg , sehingga menurut teorema impuls – momentum

$$\vec{I} = \Delta \vec{P}$$

$$-mg dt = [(m - \mu dt)(\vec{v} + d\vec{v}) + (\vec{v}' / \mu dt)] - m\vec{v}$$

Dengan mengganti \vec{v}' menjadi $\vec{v} - \vec{\mu}$ dan mengabaikan $\mu dt d\vec{v}$ yang relative kecil (karena hanya merupakan perkalian dua besaran yang masing-masing cukup kecil, dt dan dV), akan didapatkan persamaan:

$$m d\vec{v} = \vec{\mu} \mu dt - m \vec{g} dt$$

perubahan massa roket dalam waktu dt ialah $dm = -\mu dt$. Dengan demikian diperoleh persamaan:

$$d\vec{v} = -\vec{\mu} \frac{dm}{m} - \vec{g} dt$$

dan bila diintegrasikan, hasilnya adalah:

$$\vec{v} = -\vec{\mu} \ln m - \vec{g}t + C$$

Andaikan m_o dan v_o adalah massa dan kecepatan pada saat $t = 0$, maka:

$$\vec{v}_o = -\vec{\mu} \ln m_o + C \quad \text{dan}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{\mu} \ln \frac{m_o}{m} - \vec{g}t$$

Dari persamaan tampak bahwa untuk memperoleh kecepatan \vec{v} yang tinggi, kecepatan pancaran massa $\vec{\mu}$ serta perbandingan massa m_o/m akan semakin besar dengan bertambahnya waktu.

F. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah bola bermassa 0,2 kg dipukul pada waktu bergerak horizontal dengan kecepatan 30 m/det. setelah meninggalkan pemukul, bola bergerak dengan kecepatan 40 m/det dengan arah berlawanan terhadap arah datang bola. Tentukan impuls dari tumbukan yang terjadi!

Penyelesaian:

$$I = m \Delta v$$

$$I = m (v_2 - v_1)$$

$$I = 0,2 ((40 - (-30))) = 14 \text{ kg m/det}$$

2. Seorang anak (A) berdiri diam di atas sebuah papan luncur yang sedang bergerak di atas lantai. Papan bergerak lurus ke kanan dengan laju 5 m/det. Massa A adalah 30 kg dan massa papan 50 kg. Jika kemudian A berjalan ke kiri dengan laju 3 m/det terhadap papan. Berapakah pertambahan laju papan?

Penyelesaian:

$$P_{total} = m_p v + m_A v$$

$$P_{total} = P'_{total}$$

$$v' = v + \frac{m_A u}{m_p + m_A} \rightarrow \Delta u = v' - v = \frac{m_A u}{m_p + m_A}$$

$$\Delta v = \frac{30 \cdot 3}{30 + 50} = \frac{90}{80} = 1,125 \text{ m/det}$$

3. Sebuah bola bermassa 200 g menumbuk dinding tegak lurus dengan kecepatan 40 m/s. Bola dipantulkan kembali dengan kecepatan 30 m/s. Hitunglah :
- Perubahan momentum
 - Gaya rata-rata yang diberikan dinding pada bola dalam selang waktu 0,02 s.

Penyelesaian :

- a. Perubahan momentum adalah selisih momentum akhir dan momentum awal. Kecepatan akhir tumbukan $v_2 = -30$ m/s (arah berlawanan)

Kecepatan awal = 40 m/s

Berarti :

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= mv_2 - mv_1 \\ &= (0,2)(-30) - (0,2)(40) \\ &= -6 - 8 = -14 \text{ kg m/s} \end{aligned}$$

- b. Impuls adalah perubahan momentum

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = -\frac{14}{0,02} = -700 \text{ N}$$

4. Dari sebuah senapan yang massanya 5 kg ditembakkan peluru yang massanya 5 g, kecepatan peluru 50 m/det, berapa kecepatan dorong senapan pada bahu penembak?

Penyelesaian:

Gunakan Hukum Kekekalan Momentum linier.

Momentum awal peluru dan senapan adalah 0.

$$0 = m_{\text{peluru}} v'_{\text{peluru}} + m_{\text{senapan}} v'_{\text{senapan}}$$

atau

$$v'_{\text{senapan}} = -\frac{m_{\text{peluru}}}{m_{\text{senapan}}} \cdot v'_{\text{peluru}}$$

$$= -\left(\frac{5 \times 10^{-3}}{5}\right) \cdot 50 \text{ m/det} = -0,05 \text{ m/det}$$

(berlawanan arah)

5. Dua buah benda yang massanya masing-masing 20 kg dan 40 kg bergerak dengan arah berlawanan dan kecepatan masing-masing benda adalah 10 m/s dan 4 m/s. kedua benda saling bertumbukan. Tentukan kecepatan akhir kedua benda setelah tumbukan, jika :

- Tumbukan letting sempurna
- Tumbukan lenting sebagian ($e = 0,2$)

Penyelesaian:

Kita misalkan $m_1 = 20$ kg bergerak ke kanan :

$$v_1 = 10 \text{ m/s}$$

$$m_2 = 40 \text{ kg bergerak ke kiri : } v_2 = -4 \text{ m/s}$$

- a. Untuk tumbukan lenting sempurna, $e = 1$

Berlaku :

$$\begin{aligned} -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} &= 1 \Rightarrow v_1 - v_2 = v_2' - v_1' \\ 10 - (-4) &= v_2' - v_1' \\ 14 &= v_2' - v_1' \end{aligned} \quad (1)$$

Hukum kekekalan momentum linier:

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ (20)(10) + (40)(-4) &= 20v_1' + 40v_2' \\ 40 &= 20v_1' + 40v_2' \\ 2 &= v_1' + 2v_2' \end{aligned} \quad (2)$$

Gunakan metode substitusi dan eliminasi untuk persamaan (1) dan (2), kita peroleh:

$$v_1' = -8\frac{2}{3} \text{ (ke kiri); } v_2' = 5\frac{1}{3} \text{ (ke kanan)}$$

- b. Dengan $e = 0,2$, berlaku

$$\begin{aligned} 0,2 &= \frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \Rightarrow 0,2 v_1 - 0,2 v_2 = v_2' - v_1' \\ 0,2(10) - 0,2(-4) &= v_2' - v_1' \\ 2,8 &= v_2' - v_1' \end{aligned} \quad (3)$$

Gunakan metode eliminasi-substitusi dari persamaan (2) dan (3)

$$2,8 = v_2' - v_1' \quad \left| \begin{array}{l} \times 2 \\ \times 1 \end{array} \right| \Rightarrow \frac{5,6 = 2v_2' - 2v_1'}{2 = 2v_2' + v_1'} -$$

$$\begin{aligned} \text{Didapatkan} \quad v_1' &= -1,2 \text{ m/det} \\ v_2' &= -1,6 \text{ m/det} \end{aligned}$$

G. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

1. Sebuah peluru dengan massa 20 gram dan kecepatan 500 m/det, diarahkan pada sebuah balok ($m = 2 \text{ kg}$) yang diam di atas lantai licin. Kecepatan peluru setelah menembus balok adalah ... (peluru diam di dalam balok)

- a. 1 m/det d. 4 m/det
b. 2 m/det e. 5 m/det
c. 3 m/det

2. Perhatikan gambar di bawah ini!



Setelah tumbukkan di atas terjadi secara lenting sempurna, besarnya kecepatan balok A dan energy kinetiknya adalah ...

- a. 8 m/s ke kanan dan 5 joule
b. 8 m/s ke kiri dan 5 joule
c. 8 m/s ke kiri dan 3,2 joule
d. 10 m/s ke kanan dan 3,2 joule
e. 10 m/s ke kiri dan 3,2 joule

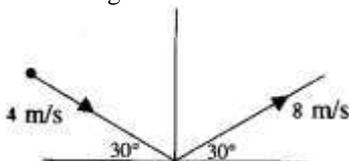
3. Bola A dan B dengan massa 10 kg dan 20 kg akan bertumbukan seperti gambar di bawah ini.



Jika keduanya menyatu setelah bertumbukan, kecepatan sistem yang baru adalah ...

- a. 6 m/s d. 3 m/s
b. 5 m/s e. 2 m/s
c. 4 m/s

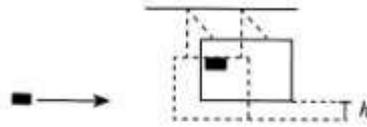
4. Perhatikan gambar di bawah ini!



Besarnya perubahan momentum pada gambar di atas, jika massa benda adalah 0,1 kg, adalah ...

- a. 0
b. 0,4 kg m/s
c. $0,4\sqrt{3}$ kg m/s
d. 0,8 kg m/s
e. $0,8\sqrt{3}$ kg m/s

5. Skema sebuah uji balistik ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Massa balok dan massa peluru berturut-turut adalah 50 kg dan 0,1 kg. jika setelah peluru bersarang di dalam balok, balok naik hingga ketinggian 4,9 cm, maka kecepatan peluru adalah...

- a. $3,500\sqrt{2}$ kg m/det
b. $350\sqrt{2}$ m/det
c. $35\sqrt{2}$ m/det
d. $3,5\sqrt{2}$ m/det
e. $0,35\sqrt{2}$ m/det

- **Essay**

1. Sebuah bola yang massanya 200 gram dijatuhkan bebas dari ketinggian 3 m di atas lantai. Setelah sampai di lantai bola dipantulkan kembali dan mencapai ketinggian 2m. tentukan: (a) momentum bola sebelum dan sesudah mengenai lantai (b) gaya rata-rata yang diserahkan oleh lantai kepada bola, jika waktu tumbukan 0,01 detik.
2. Dua buah bola massanya $m_1 = 1$ kg dan $m_2 = 0,5$ kg bertumbukan. Kecepatan bola 1 = 6 m/detik arah ke kanan dan kecepatan bola 2 = 4,5 m/detik arah ke kiri. Jika tumbukan tidak lenting sempurna, tentukan: (a) kecepatan partikel setelah tumbukan (b) energy kinetic yang hilang pada saat tumbukan.
3. Sebuah balok kayu yang massanya 4 kg digantungkan pada seutas tali. Sebuah peluru ditembakkan ke arah balok hingga bersarang didalamnya, akibatnya balok menyimpang setinggi 50 cm dari posisi semula. Bila massa peluru 0,02 kg, hitunglah kecepatan peluru sebelum mengenai balok.
4. Sebuah mobil I yang massanya 2000 kg melaju ke Utara dengan kecepatan 30 m/detik bertabrakan dengan mobil II yang massanya 1600 kg melaju ke Timur dengan kecepatan 15 m/detik. Jika kedua mobil saling menempel setelah tabrakan, tentukan arah dan kecepatan kedua mobil setelah bertabrakan.

H. Glosarium

Ayunan balistik (Bandul balistik). Alat untuk mengukur kecepatan proyektil (peluru). Alat ini terdiri dari bandul yang berat yang akan ditubruk oleh proyektil. Kecepatan proyektil dapat dihitung dengan mengukur pergeseran bandul dan dengan menggunakan hukum kekekalan momentum.

Hukum Kekekalan Momentum. Jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem, maka jumlah momentum benda sebelum dan sesudah tumbukan adalah tetap.

Impuls (I) adalah hasil perkalian antara gaya dengan selang waktu dan terjadi hanya sesaat. Impuls merupakan besaran vector. Impuls merupakan perubahan momentum dan dimensi impuls sama dengan dimensi momentum.

Koefisien restitusi. Ukuran kelentingan atau elastisitas suatu tumbukan yang bernilai antara 0 dan 1 yang merupakan rasio besarnya kecepatan relatif sebelum dan sesudah tumbukan dua benda.

Momentum (p) adalah hasil kali massa dengan kecepatan benda atau jumlah gerak suatu benda. Momentum merupakan besaran vektor.

Tumbukan. Peristiwa yang terjadi bila dua buah benda saling mendekati dan berinteraksi dengan kuat, kemudian saling menjauh.

Tumbukan elastis/lenting sebagian. Tumbukan yang terjadi antara dua benda atau lebih yang sebagian energi kinetiknya hilang setelah terjadi tumbukan karena berubah menjadi panas, bunyi, atau bentuk energi lainnya.

Tumbukan elastis/lenting sempurna. Tumbukan yang terjadi antara dua benda atau lebih yang energi kinetiknya setelah tumbukan tidak ada yang hilang dan momentum linier totalnya tetap.

Tumbukan elastis/lenting sempurna. Tumbukan yang terjadi antara dua benda atau lebih yang energi kinetiknya setelah tumbukan hilang karena berubah menjadi panas, bunyi, atau bentuk energi lainnya.

I. Daftar Pustaka

Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.

David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.

Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetyo and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.

Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 7

GERAK ROTASI

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
13.	Memformulasikan hubungan antara konsep torsi, momentum sudut, dan momen inersia	<ul style="list-style-type: none">• Dapat memformulasikan hubungan antara konsep torsi, momentum sudut, dan momen inersia berdasarkan hukum II Newton serta penerapannya dalam masalah benda tegar• Memformulasikan pengaruh torsi pada sebuah benda dalam kaitannya dengan gerak rotasi benda tersebut• Mengungkap analogi hukum II Newton tentang gerak translasi dan gerak rotasi• Memformulasikan momen inersia untuk berbagai bentuk benda tegar• Memformulasikan hukum kekekalan momentum sudut pada gerak rotasi• Menganalisis masalah dinamika rotasi benda tegar untuk berbagai keadaan• Menganalisis gerak menggelinding tanpa slip• Menunjukkan perilaku yang menampilkan minat dalam melakukan kerja sama dalam melakukan kegiatan laboratorium	<ul style="list-style-type: none">• Dinamika Rotasi• Keseimbangan Benda Tegar• Titik Berat

7. GERAK ROTASI

A. Pengertian

Gerak Rotasi adalah gerak perputaran pada porosnya atau gerakan suatu benda dimana setiap titik pada benda tersebut mempunyai jarak yang tetap terhadap suatu sumbu tertentu.

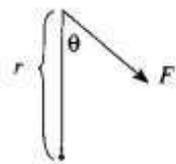
Penyebab dari gerak rotasi suatu benda adalah momen gaya, benda yang berotasi akan menimbulkan percepatan sudut. Persamaan benda yang berotasi adalah.

$$\begin{aligned} \omega_t &= \omega_0 + \alpha t \\ \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \\ \omega_t^2 &= \omega_0^2 + 2\alpha \theta \\ \alpha &= \frac{a}{r} \end{aligned}$$

ω_0 = kecepatan sudut awal (rad/s), ω_t = kecepatan sudut akhir (rad/det), t = waktu (s = sekon atau det = detik), θ = posisi sudut (rad),
 α = percepatan tangensial (m/det²).

B. Momen Gaya

Momen gaya merupakan besaran vektor dengan satuan N m.



$$\begin{aligned} \tau &= F \times r \\ &= F r \sin \theta \end{aligned}$$

F = gaya yang bekerja (N)

r = jarak sumbu ke titik tangkap gaya (m)

θ = sudut antara F dengan r

τ = momen gaya (N m)

Persamaan momen gaya bernilai positif jika searah jarum jam dan bernilai negative jika berlawanan arah jarum jam.

C. Momen Inersia

- Momen inersia adalah hasil kali massa partikal dengan kuadrat jarak terhadap sumbu putarnya.

$$I = \sum mR^2$$

$\sum m$ = massa partikal (kg)

R = jarak terhadap sumbu putranya (m)

I = momen inersia (kg m²)

Momen inersia suatu benda tergantung pada :

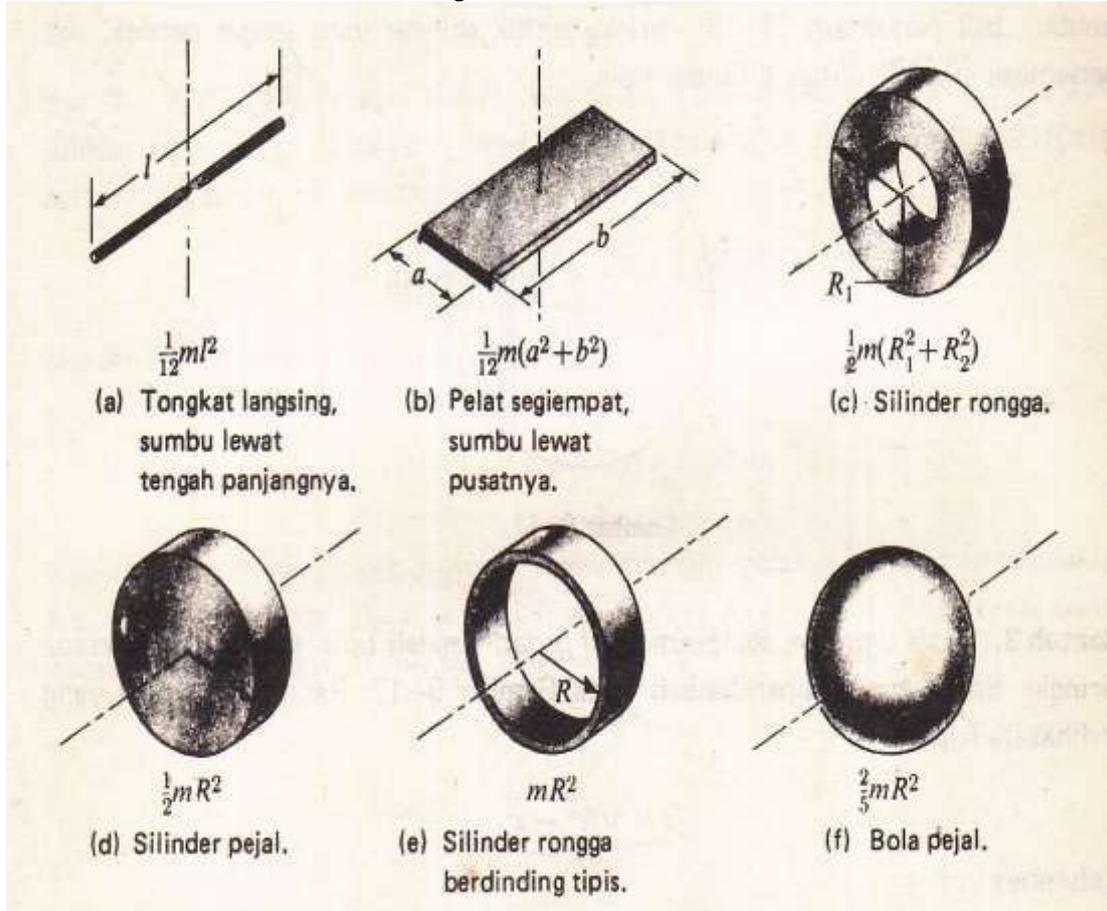
- Massa benda
 - Bentuk benda
 - Letak sumbu pusat
- Momen inersia baru (I') jika sumbu putar digeser sejauh d

$$I' = I + md^2$$

- Hubungan momen gaya dengan percepatan sudut

$$\tau = I \alpha$$

- Rumus momen inersia untuk berbagai bentuk benda



D. Momentum Sudut

- Momentum sudut merupakan hasil kali momen inersia dengan kecepatan sudutnya dan merupakan besaran vektor.

$$L = I\omega$$

L = momentum sudut ($\text{kg m}^2 \text{ rad/det}$); I = momen inersia (kg m^2);
 ω = kecepatan sudut (rad/det);

- Hukum Kekekalan Momentum Sudut

Jika tidak ada momen gaya luar yang bekerja pada benda, maka momentum sudut total sistem adalah kekal atau tidak berubah. Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

E. Energi Kinetik Gerak Rotasi

- Usaha pada gerak rotasi

$$w = \tau \theta$$

$$w = E_{k_{\text{rot akhir}}} - E_{k_{\text{rot awal}}}$$

$$w = \frac{1}{2}I\omega_2^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2$$

w = usaha rotasi (joule)
 τ = momen gaya (Nm)
 θ = posisi sudut (rad)

- Benda yang berotasi mempunyai energi kinetik sebesar.

$$Ek_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Ek_{rot} = energi kinetik rotasi (joule)

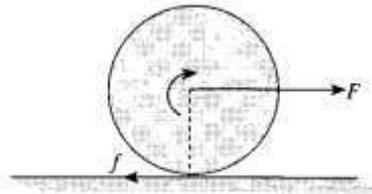
I = momen inersia (kg m^2)

$\omega = \frac{v}{r}$ = kecepatan sudut (rad/det)

F. Gerak Menggelinding

- Gerak menggelinding adalah kombinasi gerak translasi pusat massa dan gerak rotasi terhadap pusat massa. Jadi menggelinding terjadi bila sebuah benda mengalami dua macam gerakan secara bersamaan, yaitu gerak translasi dan gerak rotasi.
- Persamaan Gerak Translasi

$$\begin{aligned} \sum F &= ma \\ F - f &= ma \end{aligned}$$



- Persamaan Gerak Rotasi

$$\begin{aligned} \tau &= I \alpha \\ f R &= I \frac{a}{R} \\ f &= I \frac{a}{R^2} \\ a &= \frac{f R^2}{I} = \frac{(F - m) R^2}{I} \\ Ek_{\text{total}} &= Ek_{\text{rot}} + Ek_{\text{trans}} \end{aligned}$$

$$Ek_{\text{trans}} = \frac{1}{2} m v^2 = \text{energi kinetik translasi (J)}$$

$$Ek_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \text{energi kinetik rotasi (J)}$$

$$Ek_{\text{total}} = \text{energi kinetik total (J)}$$

$$f = \text{gaya gesekan (N)}$$

- Analogi antara besaran translasi dan rotasi

Besaran	Gerak Translasi	Gerak Rotasi	Hubungan
Kecepatan	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$	$v = \omega r$
Percepatan	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	$a = \alpha r$
Gerak benda beraturan	$v_t = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $v_t^2 = v_0^2 + 2as$	$\omega_t = \omega_0 + \alpha t$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ $\omega_t^2 = \omega_0^2 + 2\alpha \theta$	$s = \theta r$
Gaya dan momen gaya	$F = ma$	$\tau = I \alpha$	$\tau = F \times r$
Usaha	$W = F s$	$W = \tau \theta$	
Daya	$P = F v$	$P = \tau \omega$	
Energi kinetik	$Ek = \frac{1}{2} m v^2$	$Ek = \frac{1}{2} I \omega^2$	
momentum	$P = mv$	$L = I \omega$	

G. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah partikel yang berotasi dengan kecepatan sudut awal 10 rad/s mengalami percepatan sudut 2 rad/s² sehingga posisi sudutnya menjadi 40 rad.

Bila jari-jari lintasannya 20 cm, hitunglah :

- Kecepatan sudutnya saat $t = 2$ s
- Panjang lintasan yang ditempuh selama 2 s.

Penyelesaian:

- a. Kecepatan sudut setelah 2 s dapat dihitung dengan persamaan $\omega = \omega_0 + \alpha t$.

$$\omega = 10 + (2)(2) = 14 \text{ rad/s.}$$

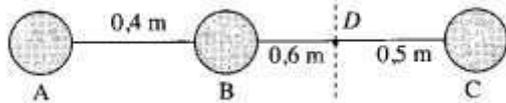
- b. Untuk mencari panjang lintasan, harus terlebih dulu dicari besar perpindahan sudut dari partikel tersebut.

$$\begin{aligned} \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \\ &= (10)(2) + \frac{1}{2} (2)(2^2) \\ &= 20 + 4 = 24 \text{ rad} \end{aligned}$$

Panjang lintasan dapat dicari dengan persamaan $s = \theta r$.

$$s = \theta r = (24)(0,2) \text{ m} = 4,8 \text{ m}$$

2. Sebuah tongkat ringan yang massanya diabaikan memiliki panjang 1,5 m seperti terlihat pada gambar di bawah.



Beban A, B dan C dengan massa masing-masing 2 kg, 3 kg dan 4 kg diletakkan sepanjang tongkat.

Jika sistem diputar dengan sumbu melalui D, hitunglah besar momen inersianya.

Penyelesaian :

Momen inersia total adalah penjumlahan scalar dari momen inersia masing-masing partikel terhadap sumbu putar.

$$\begin{aligned} I_{\text{toz}} &= \sum mR^2 \\ &= m_A R_{AD}^2 + m_B R_{BD}^2 + m_C R_{DC}^2 \\ &= 2(1)^2 + 3(0,6)^2 + 4(0,5)^2 \\ &= 2 + 1,08 + 1 \\ &= 4,08 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

3. Sebuah roda pejal berjari-jari 10 cm dan bermassa 10 kg berotasi dengan kecepatan sudut 10 rad/s dari keadaan diam selama 2 s. hitunglah :

- Momentum sudutnya.
- Usaha roda selama berotasi

Penyelesaian:

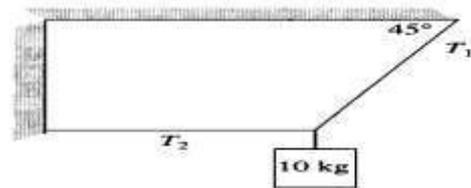
- a. Untuk mengetahui besar momentum sudut benda, harus dihitung pula besar momen inersia roda pejal ($I = mR^2$)

$$\begin{aligned} L &= I \omega \\ &= \frac{1}{2} m r^2 \omega = \frac{1}{2} (10) (0,2)^2 (10) = 0,5 \text{ kg m}^2 / \text{s} \end{aligned}$$

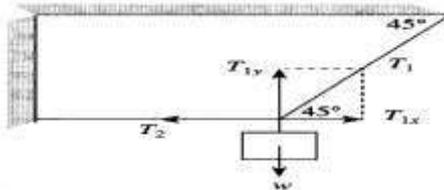
- b. Usaha roda adalah selisih energy kinetic rotasi awal dan akhir.

$$\begin{aligned} W &= E_{k_{\text{rot akhir}}} - E_{k_{\text{rot awal}}} \\ &= \frac{1}{2} I \omega_f^2 - \frac{1}{2} I \omega_i^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} m r^2 \omega_f^2 - 0 = \frac{1}{4} m r^2 \omega_f^2 \\ &= \frac{1}{4} (10)(0,2)^2 (10)^2 = 2,5 \text{ J} \end{aligned}$$

4. Hitunglah tegangan tali T_1 dan T_2 jika benda dalam keadaan setimbang untuk system di bawah ini.



Penyelesaian :



- $\sum F_x = 0$
 $T_{1x} - T_2 = 0$
 $T_1 \cos 45^\circ = T_2$
 $T_2 = \frac{1}{2} \sqrt{2} T_1 \dots \dots \dots (1)$
- $\sum F_y = 0$
 $T_{1y} - w = 0 \rightarrow T_1 \sin 45^\circ = mg$
 $\frac{1}{2} \sqrt{2} T_1 = 100$
 $T_1 = \frac{200}{\sqrt{2}} = 100 \sqrt{2} \text{ N}$
 Substitusi T_1 ke persamaan (1)
 $T_2 = \frac{1}{2} \sqrt{2} T_1 = \frac{1}{2} \sqrt{2} (100 \sqrt{2}) = 100 \text{ N}$

Atau gunakan CARA CEPAT

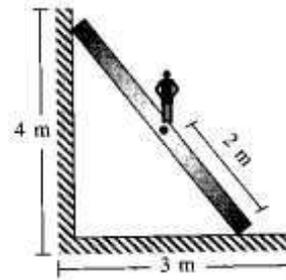
$$\begin{aligned} \frac{T_1}{\sin 90^\circ} &= \frac{W}{\sin 135^\circ} \Rightarrow T_1 = \frac{\sin 90^\circ}{\sin 135^\circ} \cdot W \\ &= \sqrt{2} \cdot 100 = 100\sqrt{2} \\ \frac{T_2}{\sin 135^\circ} &= \frac{W}{\sin 135^\circ} \Rightarrow T_2 = W = 100 \text{ N} \end{aligned}$$

H. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

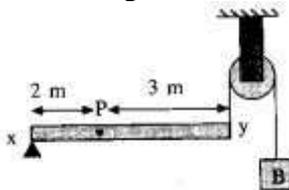
Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

- Sebuah benda dalam keadaan seimbang, kemudian diberi gangguan kecil. Jika saat gangguan dihilangkan benda dapat kembali ke keadaan seimbangnya. Keseimbangan ini disebut ...
 - Keseimbangan translasi
 - Keseimbangan stabil
 - Keseimbangan labil
 - Keseimbangan indeferen
 - Keseimbangan rotasi



- 0,27
- 0,30
- 0,33
- 0,36
- 0,39

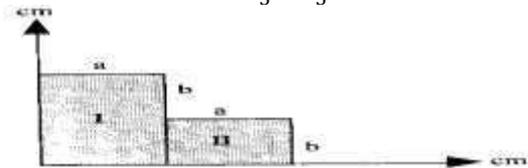
- Perhatikan gambar di bawah ini!



P adalah titik berat batang xy yang massanya 5 kg. jika system dalam keadaan seimbang, maka besarnya beban B adalah ...

- 5 kg
- 4 kg
- 3 kg
- 2 kg
- 1 kg

- Suatu system gabungan seperti di bawah ini memiliki titik berat $(8\frac{1}{3}, 8\frac{1}{3})$

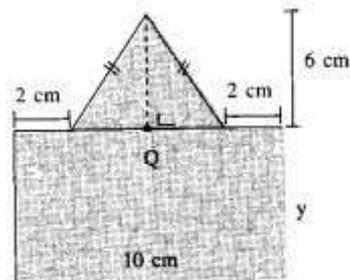


Maka luas bidang I dan II adalah ...

- 200 cm^2 dan 100 cm^2
- 100 cm^2 dan 200 cm^2
- 50 cm^2 dan 100 cm^2
- 250 cm^2 dan 150 cm^2
- 150 cm^2 dan 250 cm^2

- Sebuah tangga homogen dengan berat 300 N bersandar pada sebuah dinding licin. Kaki tangga terletak pada lantai kasar (lihat gambar). Tangga akan tergelincir jika seseorang yang beratnya 450 N menaiki tangga sampai 2 m dari kaki tangga. Hitunglah koefisien gesek antara tangga dan lantai tersebut.

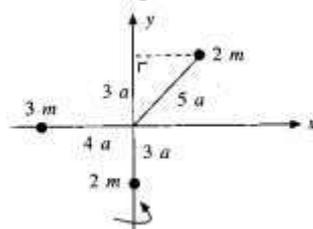
- Perhatikan gambar di bawah ini!



Agar titik berat benda tepat di titik Q, maka besarnya y adalah ...

- 3,6 cm
- 3,8 cm
- 4,0 cm
- 4,2 cm
- 4,4 cm

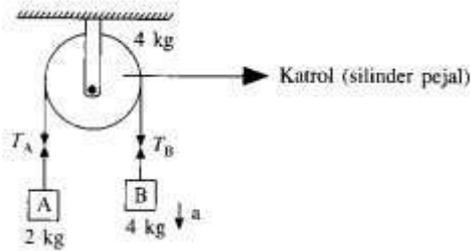
- Perhatikan gambar di bawah ini!



Jika system di putar terhadap sumbu y, maka besarnya momen inersia system adalah ...

- 80 ma^2
- 90 ma^2
- 98 ma^2
- 106 ma^2
- 116 ma^2

7.



Besarnya tegangan tali T_A dan T_B pada gambar di atas adalah ...

- a. 30 N dan 35 N
 - b. 25 N dan 30 N
 - c. 20 N dan 25 N
 - d. 35 N dan 30 N
- 30 N dan 25 N

8. Sebuah piringan berbentuk silinder pejal berputar dengan kecepatan sudut 8 rad s^{-1} pada bidang horizontal. Kemudian diletakkan sebuah piringan lain di atasnya dengan kecepatan 2 rad s^{-1} , namun dengan arah putar yang berlawanan. Jika inersia piringan pertama dan kedua sama, maka besarnya kecepatan sudut gabungan adalah ...

- a. 10 rad s^{-1}
- b. 6 rad s^{-1}
- c. 5 rad s^{-1}
- d. 4 rad s^{-1}
- e. 3 rad s^{-1}

9. Energy kinetic suatu benda tegar bergantung pada :

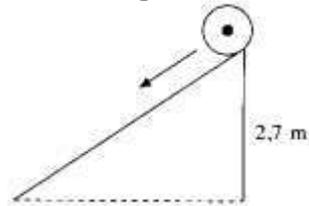
- (1) Kecepatan sudut benda
- (2) Massa bend
- (3) Bentuk benda
- (4) Letak sumbu putar

- a. (1), (2) dan (3)
- b. (1) dan (3)
- c. (2) dan (4)
- d. (4) saja

• **Essay:**

1. Sebuah tabung pejal yang massanya 2 kg berjari-jari 0,5 m; tabung ini menggelinding ke bawah pada bidang miring dengan sudut kemiringan 37° . Jika panjang bidang miring itu 15 m, tentukan kecepatan pusat massa dari tabung ketika sampai di kaki bidang miring tersebut ($g = 9,8 \text{ m/det}^2$)
2. Sebuah papan berbentuk lingkaran berputar horizontal tanpa gesekan dengan sumber putar Melalui pusat lingkaran. Papan tersebut massanya 120 kg dan jari-jarinya 3 m. seorang yang massanya 65 kg berjalan perlahan-lahan dari tepi ke pusat lingkaran. Jika kecepatan di tepi lingkaran 2 rad/detik . Tentukan: (a) kecepatan sudut ketika orang tersebut berdiri ,75m dari pusat lingkaran. (b) perubahan energi kinetik sistem.

10. Perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar di atas menunjukkan sebuah silinder pejal yang meluncurkan turun pada sebuah bidang miring kecepatan di ujung lintasan adalah ...

- a. 8 ms^{-1}
- b. 6 ms^{-1}
- c. 4 ms^{-1}
- d. 2 ms^{-1}
- e. 1 ms^{-1}

I. Glosarium

Benda tegar. Benda yang tidak mengalami perubahan bentuk pada saat diberi gaya.

Gerak Menggelinging. Gerak terjadi bila sebuah benda mengalami dua macam gerakan secara bersamaan, yaitu gerak translasi dan gerak rotasi.

Gerak Rotasi. Gerak perputaran pada porosnya.

Gerak Translasi. Gerak lurus tanpa rotasi atau gerakan yang berhubungan dengan berpindahnya suatu benda dari suatu tempat ke tempat lain.

Kelembaman. Kecenderungan semua benda fisik untuk menolak perubahan terhadap keadaan geraknya.

Lengan gaya. Jarak tertentu yang tegak lurus dengan pusat massa benda.

Momen Gaya. Hasil kali gaya dengan jarak suatu titik terhadap garis kerja gaya. Momen gaya menyebabkan suatu benda berotasi. Lambang τ (tau dari torca).

Momen Inersia. Analog dengan massa, tetapi untuk benda yang berputar. Momen inersia adalah hasil kali massa partikel dengan kuadrat jarak terhadap sumbu putarnya. Secara matematis dituliskan: $I = \sum mr^2$.

Percepatan sudut. Merupakan turunan pertama fungsi kecepatan sudut atau turunan kedua fungsi posisi sudut. Lambang (ω)

Percepatan tangensial. Percepatan linier yang arahnya menyinggung lintasan benda. Lambang a_{θ} .

Titik berat. Titik tangkap gaya berat benda atau system benda. Titik yang digambarkan sebagai pusat konsentrasi massa partikel dari benda itu.

J. Daftar Pustaka

Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.

David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.

Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika*. Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.

Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 8

ELASTISITAS

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
14.	Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan	<ul style="list-style-type: none">• Menjelaskan pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan dan gerak getaran• Menentukan kaitan konsep gaya pegas dengan elastisitas bahan• Menunjukkan perilaku yang menampilkan minat dalam melakukan kerja sama dalam melakukan kegiatan laboratorium	<ul style="list-style-type: none">• Elastisitas bahan

8. ELASTISITAS

A. Pengertian

Elastisitas adalah sifat benda yang dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang bekerja pada benda dihilangkan. Karet gelang dan pegas baja merupakan contoh benda yang elastic, sedangkan plastisin dan pegas tembaga merupakan contoh benda yang tidak elastis.

Pembahasan gerak selama ini berdasarkan anggapan bahwa benda yang bergerak adalah benda tegar, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah persoalan. Kenyataannya semua benda pada batas tertentu akan mengalami perubahan bentuk dan volume sebagai akibat adanya gaya luar.

B. Tegangan

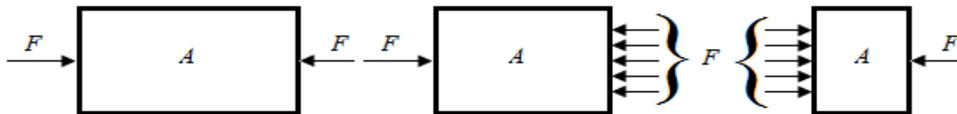
Tegangan (*stress*) adalah besarnya gaya bekerja (F) pada benda tiap satuan luas (A). Secara matematis tegangan dirumuskan sebagai:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

F = gaya tarik/gaya tekan (N)

A = luas permukaan (m^2)

τ = *stress* (N/m^2)



Tegangan tangensial, disebut juga tegangan geser. Jika gaya yang bekerja bukan gaya tarik, tetapi gaya tekan seperti gambar, dikatakan batang berada dalam keadaan tertekan dan tegangannya adalah perbandingan gaya tekan terhadap luas penampang.

C. Regangan

Regangan adalah perbandingan antara perubahan panjang benda ($\Delta\ell$) dengan panjang benda mula-mula (ℓ_0). Secara matematis regangan dirumuskan sebagai:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_0}$$



F = gaya tarik/gaya tekan (N)

A = luas permukaan (m^2)

$\Delta\ell$ = panjang benda (m)

ℓ_0 = panjang benda mula-mula (m)

ε = regangan jenis (tanpa satuan)

D. Hukum Hooke (Gaya Pegas)

Hukum Hooke berbunyi: Jika benda lentur seperti karet ditarik atau ditekan, perubahan bentuknya sebanding dengan gaya yang bekerja selama masih berada dalam batas kelenturan. Besar gaya tarik atau gaya tekan yang diberikan kepada benda berbanding lurus dengan pertambahan panjangnya. Secara matematis dirumuskan sebagai.

$$F = - k \Delta x$$

Di mana $\Delta x = x_2 - x_1$ = pertambahan panjang pegas (m)

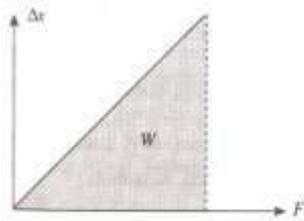
k = konstanta pegas (N/m),

F = gaya tarik atau tekan pada pegas (N)

E. Energi Potensial Pegas

Energi potensial pegas adalah energi yang dimiliki benda karena sifat elastic pegas. Usaha yang dilakukan gaya tarik/gaya tekan untuk mengubah panjang pegas.

Berikut adalah grafik gaya terhadap perubahan panjang pegas. Luas daerah di bawah kurva menunjukkan besar energi potensial pegas.



$$\begin{aligned} E_p &= \text{luas segitiga} \\ &= \frac{1}{2} (F \Delta x) \\ &= \frac{1}{2} (k \Delta x^2) \end{aligned}$$

F. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan (*stress*) dengan regangan (*strain*). Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$\begin{aligned} E &= \frac{\text{tegangan tarik}}{\text{regangan tarik}} = \frac{\text{tegangan tekan}}{\text{regangan tekan}} \\ E &= \frac{\tau}{\varepsilon} \\ E &= \frac{F/A}{\Delta \ell / \ell_0} \\ E &= \frac{F \ell_0}{A \Delta \ell} \end{aligned}$$

E = modulus elastisitas = modulus Young (N/m^2) atau *Pascal (Pa)* atau *dyne/cm²*

$$\begin{aligned} G &= \frac{\text{tegangangeser}}{\text{regangan geser}} \\ G &= \frac{F_T/A}{x/h} \\ G &= \frac{h F_T}{A x} \end{aligned}$$

G = modulus geser (N/m^2) atau *Pascal (Pa)* atau *dyne/cm²*

Modulus yang berhubungan dengan tekanan hidrostatik dan perubahan volume disebut modulus Bulk (modulus volume).

$$B = \frac{dp}{dV/V}$$

$$B = -V \frac{dp}{dV}$$

Tanda (-) diperlukan karena bertambahnya tekanan selalu menyebabkan berkurangnya volume. Harga B selalu positif.

Untuk tegangan dan regangan yang cukup kecil, modulus konstan hanya bergantung pada jenis bahan tidak lagi bergantung pada ukuran benda. Karena itu Hukum Hooke secara lebih umum ditulis sebagai berikut

$$\text{Tegangan} = \text{modulus} \cdot \text{regangan}$$

Kebalikan dari modulus Bulk disebut kompresibilitas. Jadi

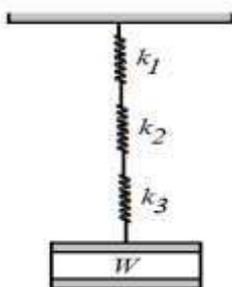
$$K = \frac{1}{B}$$

$$K = \frac{dV/V}{dp}$$

$$K = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$$

G. Susunan Pegas

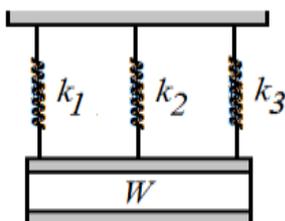
1. Susunan Pegas Seri



$$\frac{1}{k_{\text{seri}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \quad \text{atau} \quad k_s \frac{k}{n} = ; \text{ jika } k_1 = k_2 = k_3 =$$

k_s = konstanta pegas pengganti seri
 n = banyak konstanta pegas

2. Susunan Pegas Pararel



$$K_p = k_1 + k_2 + k_3 \quad \text{atau} \quad K_p = n k; \text{ jika } k_1 = k_2 = k_3 = k$$

k_p = konstanta pegas pengganti pararel

H. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah pegas panjangnya 30 cm bertambah panjang 2 cm jika ditarik oleh gaya 2 N. Berapa panjang pegas jika ditarik oleh gaya 6 N.

Penyelesaian:

Gunakan persamaan $F = k \Delta x$ atau $k = \frac{F}{\Delta x}$

$$k_1 = k_2$$
$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{2}{2 \times 10^{-2}} = \frac{6}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = 6 \times 10^{-1} \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

Panjang pegas akhir adalah :

$$x_2 = 30 \text{ cm} + 6 \text{ cm} = 36 \text{ cm}$$

$$= 3,6 \times 10^{-1} \text{ m}$$

2. Sebuah pegas digantung vertical dan salah satu ujungnya diberi beban 500 g sehingga pegas bertambah panjang 10 cm. jika kemudian pegas ditarik sejauh 5 cm dari titik setimbangnya, hitunglah besar energi potensialnya ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Penyelesaian:

Gaya yang bekerja pada pegas adalah gaya berat :

$$W = m g = 0,5 \times 10 = 5 \text{ N}$$

Gaya berat 5 N ini menghasilkan pertambahan panjang 10 cm, sehingga berlaku

$$W = k \Delta x$$

Diperoleh

$$K = \frac{W}{\Delta x} = \frac{5}{10^{-1}} = 50 \text{ N/m}$$

Energi potensial pegas adalah :

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} (50) (5 \times 10^{-2})^2 = 625 \times 10^{-4} \text{ J}$$

3. Sumbu batang baja panjangnya 50 cm dan luas permukaannya 2 mm^2 ditarik dengan gaya 200 N. bila modulus elastisitas baja $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, hitunglah :
- Stress (tegangan)
 - Strain (regangan)
 - Pertambahan panjang benda
 - Tetapan gayanya

Penyelesaian:

$$\text{a. } \tau = \frac{F}{A} = \frac{200 \text{ N}}{2 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$\text{b. } E = \frac{\tau}{e} \Rightarrow e = \frac{\tau}{E} = \frac{10^8}{2 \times 10^{11}} = 5 \times 10^{-4} = 0,0005$$

$$\text{c. } E = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \Rightarrow \Delta \ell = e \ell_0 = (5 \times 10^{-4}) (5 \times 10^{-1}) = 2,5 \times 10^{-1} \text{ m}$$

$$\text{d. } k = \frac{EA}{\ell_0} = \frac{(2 \times 10^{11})(2 \times 10^{-6})}{5 \times 10^{-1}}$$

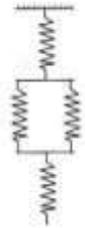
$$k = 8 \times 10^5 \text{ N/m}$$

I. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

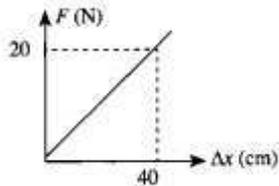
Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

1. Empat buah pegas identik dengan konstanta pegas k disusun seperti gambar di samping.



Konstanta pegas sistem gabungan di samping adalah ...

- a. $\frac{1}{5}k$ d. $\frac{4}{5}k$
 b. $\frac{2}{5}k$ e. k
 c. $\frac{3}{5}k$
2. Sebuah pegas dengan konstanta pegas sebesar 400 Nm^{-1} disimpangkan sejauh 10 cm . Besarnya energi potensial yang dimiliki pegas adalah ...
- a. 2 J
 b. 4 J
 c. 20 J
 d. 40 J
 e. 80 J
3. Sebuah pegas yang diberikan gaya menghasilkan kurva di bawah ini.



Besarnya konstanta pegas dan energi potensial pegas adalah ...

- a. 20 Nm^{-1} dan $2,5 \text{ J}$
 b. 40 Nm^{-1} dan 5 J
 c. 25 Nm^{-1} dan 2 J
 d. 50 Nm^{-1} dan 4 J
 e. 25 Nm^{-1} dan 4 J

4. Dimensi dari tetapan pegas k adalah ...

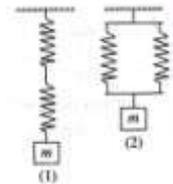
- a. $[M] [L] [T]^{-2}$
 b. $[M] [L] [T]^{-2}$
 c. $[M] [T]^{-2}$
 d. $[M] [T]^{-1}$
 e. $[M] [L]^{-2}$

5. Untuk meregangkan pegas sepanjang 2 cm diperlukan usaha $0,4 \text{ J}$. Untuk meregangkan pegas itu sebesar 4 cm diperlukan gaya sebesar ...

- a. 10 N d. 60 N
 b. 20 N e. 80 N
 c. 40 N

6. Perhatikan gambar di samping!

Dua buah pegas yang identik dengan konstanta pegas k disusun seperti gambar (1) dan (2), kemudian diberi beban sebesar m . Perbandingan pertambahan panjang sistem (1) dan (2) adalah ...



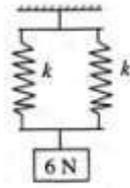
- a. $1 : 4$ d. $2 : 1$
 b. $4 : 1$ e. $3 : 1$
 c. $1 : 2$

7. Sebuah pegas homogen dengan konstanta pegas k dipotong menjadi 4 bagian sama panjang, kemudian keempat pegas baru tersebut disusun paralel. Konstanta pegas sistem baru yang terbentuk adalah ...

- a. $\frac{1}{4}k$ d. $9k$
 b. k e. $16k$
 c. $4k$

8. Perhatikan gambar di samping ini!

Jika pertambahan sistem disamping adalah 50 cm, tentukan besarnya k ...



- 6 Nm^{-1}
- 12 Nm^{-1}
- 15 Nm^{-1}
- 30 Nm^{-1}
- 60 Nm^{-1}

10. Sebuah pegas dengan konstanta pegas k dan diberi beban sebesar m memiliki periode getar T , jika diberi simpangan kecil. Jika beban dijadikan setengahnya dan konstanta pegas dijadikan dua kalinya, maka periode getar yang baru adalah ...

- $4T$
- $2T$
- T
- $\frac{1}{2}T$
- $\frac{1}{4}T$

9. Beban sebesar 4 kg digantungkan pada sebuah pegas dengan besar konstanta pegasnya 64 Nm^{-1} .

Besarnya periode getaran pegas tersebut jika disimpangkan adalah ...

- $\frac{\pi}{2} \text{ s}$
- $\pi \text{ s}$
- $2\pi \text{ s}$
- $4\pi \text{ s}$
- $8\pi \text{ s}$

• **Essay:**

- Sebuah pegas jika diberi gaya 10 N akan bertambah panjangnya 2 cm. Berapa pertambahan panjang pegas tersebut jika diberi gaya 5 N.
- Sepotong kawat baja yang panjangnya 600 cm disambung dengan kawat alumunium yang panjangnya 900 cm, ujung-ujung kawat sambungan bekerja gaya 450 N. jika luas penampang masing-masing kawat $0,75 \text{ cm}^2$, $E \text{ baja} = 21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$, $E \text{ alumunium} = 7,0 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$. Tentukan; (a) pertambahan panjang tiap-tiap kawat. (b) energy potensial elastic sistem.

J. Glosarium

Elastisitas adalah sifat benda yang dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang bekerja pada benda dihilangkan.

Energi potensial pegas. Energi potensial yang dimiliki benda karena sifat elastik pegas.

Modulus Bulk. Lambang K . Sifat yang menentukan sejauh mana elemen medium berubah volumenya ketika tekanan diperbesar atau diperkecil. Merupakan perbandingan antara tekanan dengan perubahan volume pada zat cair. Satuannya adalah N/m^2 .

Modulus Elastisitas (Modulus Young) merupakan perbandingan antara tegangan (*stress*) dengan regangan (*strain*). Konstanta yang dimiliki oleh bahan-bahan elastis.

Pegas. Benda elastik yang digunakan untuk menyimpan energi mekanis.

Regangan (*strain*) adalah perbandingan antara pertambahan panjang benda dengan panjang benda mula-mula.

Tegangan (*stress*) adalah besarnya gaya bekerja pada benda tiap satuan luas.

Tegangan tangensial, disebut juga tegangan geser. Jika gaya yang bekerja bukan gaya tarik, tetapi gaya tekan.

K. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sulistiyo & P. Setyono. (2007). *Intisari Fisika untuk SMA: Ringkasan Materi Lengkap Disertai Contoh*. Bandung: Pustaka Setia.

BAB 9

MEKANIKA FLUIDA

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
15.	Menganalisis hukum-hukum yang berhubungan dengan fluida statik dan dinamik dan dapat menerapkan konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari	<ul style="list-style-type: none">• Menerapkan hukum dasar fluida statik pada pemecahan masalah sehari-hari• Menerapkan hukum dasar fluida dinamik pada pemecahan masalah	Fluida <ul style="list-style-type: none">• Hukum dasar fluida statik• Viskositas pada fluida• Asas kontinuitas• Asas Bernoulli

9. MEKANIKA FLUIDA

A. Pengertian

- **Fluida** adalah zat alir atau zat yang dapat mengalir, termasuk cairan dan gas.
- **Hidrostatika** adalah ilmu yang membahas tentang gaya dan tekanan pada zat alir yang tidak bergerak.
- **Hidrodinamika** adalah ilmu yang membahas tentang gaya dan tekanan pada zat alir yang bergerak
- **Aerodinamika** adalah hidrodinamika yang khusus membahas aliran gas dan udara.

B. Statistika Fluida

1. Massa jenis dan Tekanan

Rapat massa (ρ) bahan yang homogen didefinisikan sebagai massa (m) persatuan volume (V);

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (9.1)$$

Satuan rapat massa (ρ) dalam SI adalah kg/m^3 .

- Rapat massa (*density*) beberapa bahan

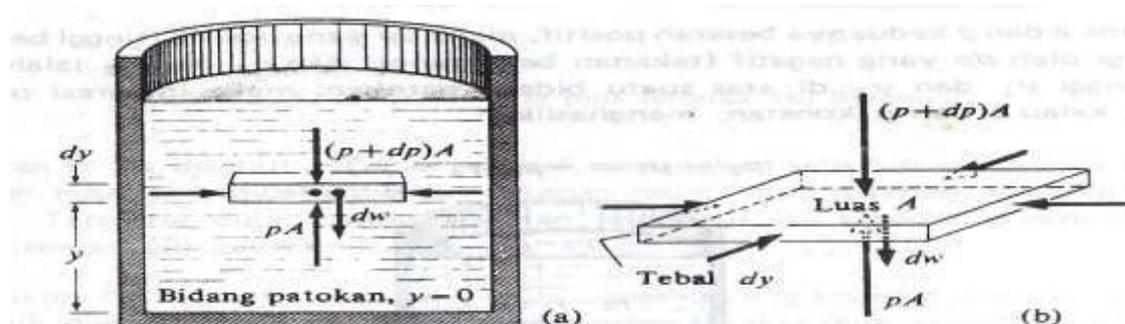
Bahan	Rapat massa (g cm^{-3})	Bahan	Rapat massa (g cm^{-3})
Air	1,00	Gliserin	1,26
Alumunium	2,7	Kuningan	8,6
Baja	7,8	Perak	10,5
Benzane	0,90	Platina	21,4
Besi	7,8	Raksa	13,6
Emas	19,3	Tembaga	8,9
Es	0,92	Timah hitam	11,3
Etil alkohol	0,81		

Tekanan (p) secara umum didefinisikan sebagai gaya normal (F) per satuan luas permukaan (A);

$$p = \frac{F}{A} \quad (9.2)$$

Satuan tekanan (p) dalam SI adalah pascal (singkatan Pa , $1 Pa = 1 \text{ Nm}^2$).

2. Variasi Tekanan dalam Fluida yang Diam



Gambar 9.1. Gaya-gaya yang bekerja pada elemen fluida yang berada dalam keseimbangan

Suatu elemen fluida seperti pada gambar mempunyai tebal dy dan luasnya A . Massa elemen tersebut adalah $\rho A dy$. Bila ρ adalah rapat massa fluida, maka gaya berat elemen tersebut:

$$dW = \rho g A dy$$

Gaya horizontal yang bekerja pada sisi elemen selalu tegak lurus permukaan; sehingga gaya resultannya sama dengan nol. Gaya vertikal pada permukaan atas adalah $(p + dp) A$ dan pada permukaan bawah pA . Karena berada dalam kesetimbangan maka:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$pA - (p + dp) A - \rho g A dy = 0$$

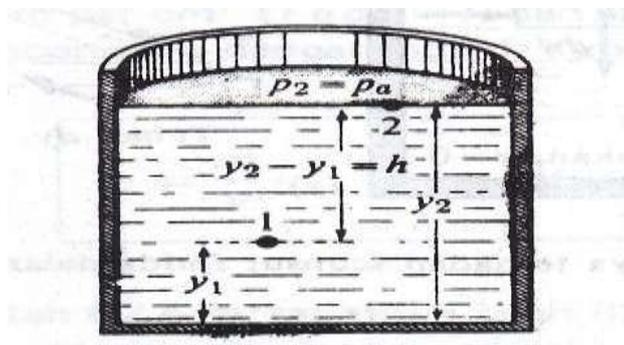
sehingga

$$\frac{dp}{dy} = -\rho g \tag{9.3}$$

Tanda (-) menunjukkan bahwa jika ketinggian bertambah (dy positif) maka tekanan berkurang (dp negatif). Jika p_1 dan p_2 berturut-turut tekanan pada ketinggian y_1 dan y_2 di atas suatu permukaan seperti Gambar 9.2. Maka persamaan 9.3 menghasilkan:

$$p_2 - p_1 = -\rho g (y_2 - y_1)$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g h \tag{9.4}$$



Gambar 9.2. Variasi tekanan terhadap ketinggian

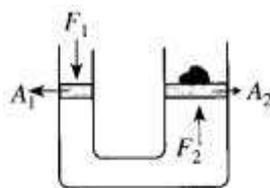
Bila fluida dalam keadaan diam mempunyai sebuah permukaan bebas, maka tekanan pada permukaan tersebut (p_2) sama dengan tekanan atmosfer (P_a); sehingga tekanan di suatu titik (ambil titik 1) misalnya tekanannya P_h , maka:

$$P_h = P_a + \rho g h \tag{9.5}$$

Dengan: ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3), g = percepatan gravitasi (m/det^2), h = tinggi zat cair (m), P_h = tekanan hidrostatis (N/m^2), $\rho_{\text{air}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ (1 g/cm^3).

3. Hukum Pascal

Hukum Pascal: Tekanan yang diberikan pada suatu fluida tertutup diteruskan tanpa berkurang besarnya pada setiap bagian fluida dan dinding-dinding dimana fluida tersebut berada. Jadi, Tekanan yang dikerjakan pada zat alir dalam bejana tertutup akan diteruskan ke segala arah sama besar.

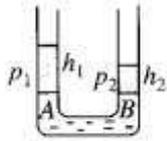


Gambar 9.3. Contoh Penerapan Hukum Pascal

$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$	A_1 & A_2 = luas permukaan piston 1 dan 2 (m^2)
	F_1 = gaya yang bekerja pada piston 1 (N)
	F_2 = gaya yang bekerja pada piston 2 (N)

4. Hukum utama hidrostatika

Besarnya tekanan hidrostatika pada setiap titik dalam kedalaman yang sama pada satu jenis zat cair adalah sama. Pipa U digunakan untuk menghitung massa jenis suatu zat air.



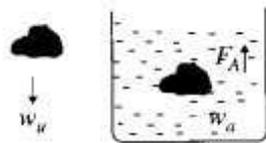
$$P_1 = P_2$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

Gambar 9.4. Pipa U

5. Hukum Archimedes

Hukum Archimedes: Bila sebuah benda seluruhnya atau sebagian dicelupkan ke dalam fluida yang diam akan mendapat gaya apung ke atas seberat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Jadi, bila benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka benda akan mendapat gaya ke atas seberat zat cair yang dipindahkan oleh benda.



Gambar 9.5. Contoh Penerapan Hukum Archimedes

$$F_A = w_u - w_a$$

atau

$$F_A = \rho_a V_a g$$

$w_u = \rho_b V_b g$ = berat benda di udara (N)

w_a = berat benda dalam zat cair (N)

F_A = gaya ke atas = gaya Archimedes (N)

ρ_a = massa jenis zat cair (kg/m^3)

V_a = volume zat cair yang dipindahkan oleh benda (m^3)

ρ_b = massa jenis benda (kg/m^3)

V_b = volume seluruh benda (m^3)

6. Tegangan permukaan

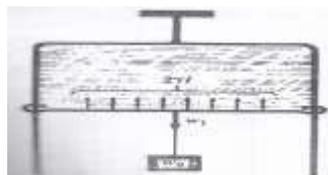
Tegangan permukaan adalah perbandingan gaya permukaan terhadap panjang permukaan (tegak lurus pada gaya) yang dipengaruhi oleh gaya itu. Jadi, tegangan permukaan adalah gaya yang dikerjakan oleh selaput permukaan tiap satuan panjang.

$$\gamma = \frac{F}{2l}$$

F = gaya oleh selaput sabun pada permukaan (N)

l = panjang permukaan (m)

γ = tegangan permukaan (N/m)



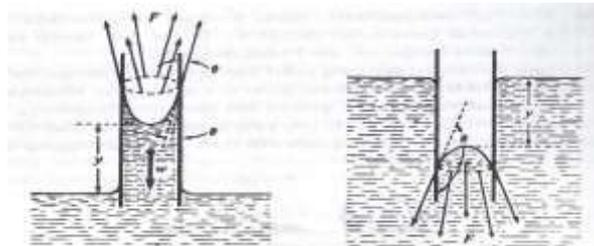
Gambar 9.6. Kawat peluncur horizontal dalam keadaan setimbang akibat kerja gaya permukaan

7. Kapilaritas

Kapilaritas adalah gejala naik atau turunnya zat cair dalam pipa kapiler.

$$y = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

y = tinggi naik/turun zat cair (m)
 γ = tegangan permukaan (N/m)
 θ = sudut kontak
 ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)
 g = percepatan gravitasi (m/det²)
 r = jari-jari pipa (m)



Gambar 9.7. permukaan zat cair dalam pipa kapiler (a) cekung (b) cembung

Jika $\theta < 90^\circ$ maka gaya kohesi < gaya adhesi dan permukaan zat cair cekung. Contoh: air.

Jika $\theta > 90^\circ$ maka gaya kohesi > gaya adhesi dan permukaan zat cair cembung. Contoh: Hg

C. Fluida Dinamis (Hidrodinamika)

Fluida bergerak adalah ilmu yang membahas tentang gaya dan tekanan untuk zat alir yang bergerak. Fluida yang dibahas dalam bab ini adalah fluida ideal yaitu fluida yang tidak mengalami perubahan volume dan gaya gesekan selama bergerak.

Pembahasan dinamika fluida ini terbatas pada aliran fluida yang bersifat:

- Tunak (*steady*), aliran fluida yang kecepatan v tiap partikel fluida pada suatu titik tertentu adalah tetap, baik besar maupun arahnya.
- Tak rotasional, aliran fluida yang pada tiap titik elemen fluida tidak memiliki momentum sudut terhadap titik tersebut.
- Tak kompresibel (tak termampatkan), aliran fluida yang tidak berubah rapat massanya ketika mengalir.
- Tak kental (*non viskos*)

1. Persamaan Kontinuitas

Debit adalah banyaknya fluida yang mengalir lewat penampang tiap satuan waktu.



$$Q = A v$$

atau

$$Q = \frac{V}{t}$$

A_1 dan A_2 = penampang bejana besar dan kecil (m²)

r = jari-jari bejana (m)

v_1 dan v_2 = kecepatan zat cair pada penampang A_1 dan A_2 (m/det)

V = volume zat cair (m³)

t = lama fluida mengalir (det)

Q = debit (m³/det)

2. Persamaan Bernoulli

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

P = tekanan fluida (N/m²)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

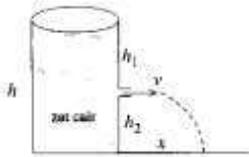
g = percepatan gravitasi (m/det²)

h = tinggi fluida dari titik acuan (m)

v = kecepatan fluida (m/det)

3. Penerapan Persamaan Bernoulli

a. Pada bejana yang dilubangi



Kecepatan air keluar (v)

$$v = \sqrt{2gh_1}$$

Jarak jatuh air (x)

$$x = vt$$

$$x = 2\sqrt{h_1 h_2}$$

waktu jatuh di tanah (t)

$$t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

v = kecepatan air keluar (m/det)

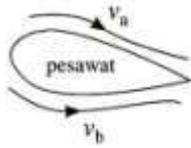
h_1 = tinggi dari permukaan ke lubang bejana (m)

h_2 = tinggi dari lubang ke dasar bejana (m)

x = jarak jatuh air di tanah (m)

t = waktu jatuh air di tanah (det)

b. Pesawat terbang



$$v_a > v_b \rightarrow p_a < p_b$$

$$F = \frac{1}{2} \rho A (v_a^2 - v_b^2)$$

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

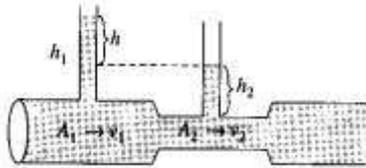
v_a = kecepatan aliran udara pada bagian atas pesawat (m/det)

v_b = kecepatan aliran udara pada bagian bawah pesawat (m/det)

F = gaya angkat pesawat (N)

P_a dan P_b = tekanan udara pada bagian atas dan bawah pesawat

c. Pipa venturi tanpa manometer



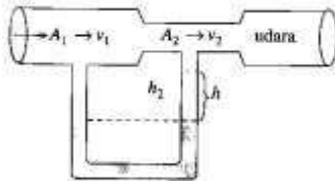
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1}}$$

$h = h_1 - h_2$ = perbedaan tinggi zat cair (m)

A_1 dan A_2 = penampang pada bejana 1 dan 2 (m^2)

d. Pipa venturi dengan manometer



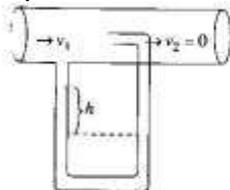
$$v_1 = \frac{\sqrt{2gh(\rho_2 - \rho_1)}}{\sqrt{\rho_1 \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)}}$$

ρ_1 = massa jenis udara (kg/m^3)

ρ_2 = massa jenis fluida (kg/m^3)

h = perbedaan tinggi zat cair (m)

e. Pipa Pilot



$$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho_r g h}{\rho_u}}$$

v_l = kecepatan aliran gas (m/det)
 ρ_r = massa jenis raksa (kg/m³)
 ρ_u = massa jenis udara (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/det²)
 h = beda ketinggian (m)

4. Viskositas

Viskositas adalah kekentalan suatu zat alir. Kekentalan dapat dianggap sebagai gesekan antar bagian dalam suatu fluida. Kekentalan ini untuk semua fluida sangat dipengaruhi oleh temperatur. Jika temperature naik, kekentalan gas ternyata bertambah sedangkan kekentalan cairan berkurang.

Untuk zat cair semakin kental, maka gaya hambatnya (gaya Stokes) semakin besar. Besarnya gaya ini adalah:

$$F_s = 6 \eta \pi r v$$

F_s = gaya tahan (stokes) (N)
 η = koefisien viskositas (Pa.det)

r = jari-jari bola yang dilepas (m)
 v = laju bola dalam zat cair (m/det)

Bila bola dalam fluida mencapai kesetimbangan, maka kecepatan bola konstan yang disebut kecepatan terminal (v_t):

$$v_t = \frac{2}{9} \frac{gr^2}{\eta} (\rho_b - \rho_a)$$

v_t = kecepatan terminal (m/det)
 ρ_b = massa jenis benda (kg/m³)
 ρ_a = massa jenis zat cair (kg/m³)

g = percepatan gravitasi bumi (m/det²)
 r = jari-jari (m)

D. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Di dalam bejana yang terbuat dari kaca diisi air setinggi 80 cm. bila luas penampang dasar tabung 100 cm^2 , hitunglah :

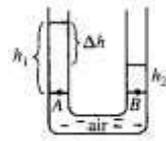
- Gaya hidrostatis pada dasar bejana
- Tekanan hidrostatis pada dasar bejana

Penyelesaian :

- $F = \rho g h A = (1.000) (10) (0,8) (10^{-2}) = 80 \text{ N}$
- $P = \rho g h = (1.000) (10) (0,8) = 8 \times 10^3 \text{ Pa}$

2. Pipa U mula-mula diisi air, kemudian salah satu kakinya diisi minyak setinggi 12,5 cm, ternyata selisih tinggi minyak dan air 2,5 cm. Hitung massa jenis minyak.

Penyelesaian :



$$\Delta h = h_1 - h_2$$

$$2,5 = 12,5 - h_2 \rightarrow h_2 = 12,5 - 2,5 = 10 \text{ cm}$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 h_2}{h_1} = \frac{(1 \text{ g/cm}^2)(10 \text{ cm})}{12,5 \text{ cm}} = 0,8 \text{ g/cm}^3$$

3. Sebuah balok di udara beratnya 50 N, ketika dicelupkan ke dalam air beratnya menjadi 30 N. Hitung massa jenis balok.

Penyelesaian:

$$F_a = w_u - w_a$$

$$\rho_{\text{air}} g V_b = w_u - w_a$$

$$(1.000) (10) V_b = 50 - 30$$

$$V_b = \frac{20}{10^4} = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} = \frac{w_u}{g V_b} = \frac{50}{10 \times 20 \times 10^{-4}}$$

$$\rho_b = 0,25 \times 10^4 = 2.500 \text{ kg/m}^3$$

4. Air yang massa jenisnya 1 g/cm^3 dapat naik pada pipa kapiler 10 cm. Jika diameter tabung 0,8 mm dan sudut kontak air dengan tabung 60°C , hitunglah besar tegangan permukaannya.

Penyelesaian:

$$y = \frac{2 j \cos \theta}{\rho g r} \rightarrow j = \frac{\rho y g r}{2 \cos \theta}$$

$$= \frac{(0,1)(1000)(10)(4 \times 10^{-4})}{2 \cos 60^\circ}$$

$$= \frac{0,4}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 0,4 \text{ N/m}$$

5. Air mengalir melalui pipa mendatar yang ujung-ujungnya berpenampang 50 cm^2 dan 200 cm^2 . Jika debit air 10 liter/s, hitunglah kecepatan air pada penampang kecil dan besar.

Penyelesaian:

Debit Q :

$$Q = 10 \frac{\text{liter}}{\text{s}} = 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

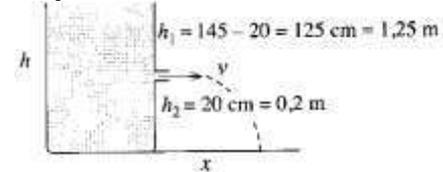
Kecepatan pada pipa besar :

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{10^{-2}}{5 \times 10^{-2}} = 0,5 \text{ m/s}$$

6. Suatu bejana yang cukup besar diisi air setinggi 145 cm. Pada salah satu sisi bejana terdapat lubang kebocoran yang terletak 20 cm dari dasar bejana bila luas lubang 1 cm^2 dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, hitunglah :

- Kecepatan air yang keluar dari lubang dan jarak jatuh air ditanah
- Banyak air yang keluar selama 1 menit

Penyelesaian:



- Berdasarkan data pada gambar, dapat dihitung besar v dan x .

$$v = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2(10)(1,25)} = 5 \text{ m/s}$$

$$x = 2\sqrt{h_1 h_2} = 2\sqrt{(1,25)(0,2)} = 1 \text{ m}$$

- Air keluar dari lubang seluas 1 cm^2 (10^{-4} m^2) dengan kecepatan 5 m/s.

$$Q = V/t \rightarrow V = Qt = Avt$$

$$= (10^{-4})(5)(600) = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

7. Sebuah pipa horizontal yang luas penampangnya 10 cm^2 disambung dengan pipa horizontal lain yang luas penampangnya 50 cm^2 . Kelajuan air pada pipa kecil 6,0 m/s dan tekanannya 200 kPa. Hitunglah :

- Kelajuan air pada pipa besar
- Tekanan air pada pipa besar
- Debit air pada pipa besar

Penyelesaian :

$$A_1 = 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 50 \text{ cm}^2 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

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

$$v_1 = 6,0 \text{ m/s}$$

$$P_1 = 200 \text{ kPa} = 2 \times 10^2 \text{ Pa}$$

Jawab :

- $A_1 v_1 = A_2 v_2$

$$10^{-3} (6,0) = (5 \times 10^{-3}) v_2$$

$$v_2 = 1,2 \text{ m/s}$$

- $P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$

$$2(10^5 + \frac{1}{2} (10^3) (6,0)^2) = P_2 + \frac{1}{2} (10^3) (1,2)^2$$

$$2 \times 10^5 + 18 \times 10^3 = P_2 + 0,72 \times 10^3$$

$$P_2 = 2 \times 10^5 + 18 \times 10^3 - 0,72 \times 10^3$$

$$= 200.000 + 18.000 - 720$$

$$= 217.280 \text{ Pa}$$

- $Q = A_2 v_2 = (5 \times 10^{-3}) 1,2$

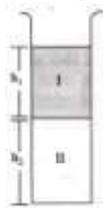
$$Q = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

E. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

1. Perhatikan gambar di bawah ini!

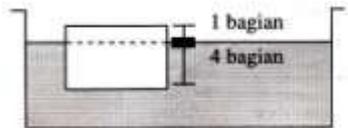


$$\rho_I = 0,8 \text{ g/cm}^3 \quad h_1 = 40 \text{ cm}$$

$$\rho_{II} = 1 \text{ g/cm}^3 \quad h_2 = 80 \text{ cm}$$

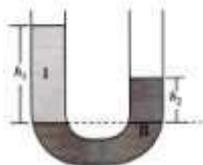
Tentukan pada dasar bejana dari sistem di atas adalah ...

- a. 11.100 Pa d. 10.200 Pa
b. 11.200 Pa e. 12.020 Pa
c. 12.200 Pa
2. Sebuah balok kayu yang mengapung pada sebuah kolom berisi air, nampak seperti gambar di bawah ini.



Massa jenis balok kayu yang terapung tersebut adalah ...

- a. 800 kg/m³ d. 500 kg/m³
b. 700 kg/m³ e. 400 kg/m³
c. 600 kg/m³
3. Sebuah pipa U diisi dengan dua cairan yang berbeda, seperti nampak di bawah ini.



Tinggi h_2 pada gambar di atas adalah ...

- a. 5 cm d. 8 cm
b. 6 cm e. 10 cm
c. 7 cm
4. Sebuah dongkrak hidrolik memiliki piston kecil dan besar dengan diameter berturut-turut 1 cm dan 8 cm. Jika pada piston kecil diberikan gaya sebesar 10 N, beban maksimum yang dapat terangkat pada piston besar adalah ...
- a. 20 N d. 320 N
b. 40 N e. 640 N
c. 80 N
5. Serangga dapat berjalan di permukaan air karena...
- a. Berat jenis serangga lebih kecil dari pada berat jenis air
b. Berat jenis serangga lebih besar daripada berat jenis air
c. Berat jenis serangga sama dengan berat jenis air
d. Gaya apung Archimedes
e. Tekanan yang diberikan serangga terhadap air lebih kecil daripada gaya tegang permukaan

6. Sebuah benda dengan berat di udara sebesar 300 N dan massa jenisnya 1,2 g/cm³. Berat benda jika dicelupkan ke dalam air adalah ...

- a. 30 N d. 60 N
b. 40 N e. 70 N
c. 50 N

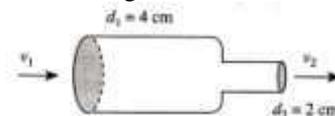
7. Sebuah benda ketika ditimbang di udara beratnya menjadi 80 N dan ketika ditimbang di air beratnya menjadi 80 N. massa jenis benda adalah ...

- a. 1.250 kg/m³ d. 1.100 kg/m³
b. 1.200 kg/m³ e. 1.050 kg/m³
c. 1.150 kg/m³

8. Suatu pipa mengalirkan dengan debit 0,2 m³/s. massa air yang keluar dari pipa tersebut selama 3 s adalah ...

- a. 80 kg d. 200 kg
b. 600 kg e. 100 kg
c. 400 kg

9. Perhatikan gambar di bawah ini!



d_1 = diameter penampang 1
 d_2 = diameter penampang 2

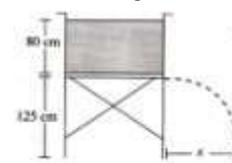
Besar kecepatan air yang mengalir pada penampang 1 (v_1), jika besar v_2 adalah 10 ms⁻¹ adalah ...

- a. 3,5 m/s d. 2,0 m/s
b. 3.0 m/s e. 1,5 m/s
c. 2,5 m/s

10. Sebuah selang dengan luas penampang 2 cm² mengalirkan air dengan kecepatan 2 m/s. selang tersebut diarahkan vertical dan ujungnya diperkecil hingga luas penampangnya menjadi $\frac{1}{2}$ kali-nya. Tinggi maksimum yang dapat dicapai air tersebut adalah ...

- a. 1,2 m d. 0,9 m
b. 1,2 m e. 0,8 m
c. 1,0 m

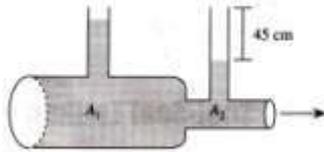
11. Perhatikan gambar di bawah ini!



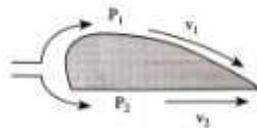
Gambar di atas memperlihatkan air yang memancar dari sebuah tangki air yang diletakkan pada suatu ketinggian tertentu. Besar x pada gambar tersebut adalah ...

- a. 1,0 m d. 3,0 m
b. 2,0 m e. 3,5 m
c. 2,5 m

12. Gambar di bawah ini memperlihatkan air yang mengalir melewati pipa venturimeter. Jika luas A_1 dan A_2 berturut-turut 5 cm^2 dan 4 cm^2 , kecepatan air pada luasan yang lebih kecil adalah...



- a. 1 m/s d. 4 m/s
 b. 2 m/s e. 5 m/s
 c. 3 m/s
13. Berapakah tekanan yang dibutuhkan oleh sebuah pompa yang diletakkan di atas tanah untuk menghantarkan air pada ketinggian 4 m di atas tanah agar dapat keluar dengan kecepatan 2 m/s? (Abaikan perbedaan tekanan udara)
- a. $4,2 \times 10^3 \text{ Pa}$ d. $2,1 \times 10^5 \text{ Pa}$
 b. $2,1 \times 10^4 \text{ Pa}$ e. $4,2 \times 10^5 \text{ Pa}$
 c. $4,2 \times 10^4 \text{ Pa}$
14. Sebuah pompa memberikan tekanan sebesar $4,8 \times 10^4 \text{ Pa}$. berapakah kecepatan air pada ketinggian 4 m terhadap pompa?
- a. 1 m/s d. 4 m/s
 b. 2 m/s e. 5 m/s
 c. 3 m/s
15. Perhatikan gambar di bawah ini !



Gambar di atas adalah penampang lintang sebuah sayap pesawat. Yang menyebabkan sayap pesawat terangkat ke atas adalah ...

- a. $P_1 = P_2$ dan $v_1 = v_2$
 b. $P_1 > P_2$ dan $v_1 < v_2$
 c. $P_1 > P_2$ dan $v_1 > v_2$
 d. $P_1 < P_2$ dan $v_1 < v_2$
 e. $P_1 < P_2$ dan $v_1 > v_2$

• **Essay**

- Berapakah perbedaan tekanan di dalam darah antara bagian atas kepala dan bagian bawah telapak kaki dari orang yang tingginya 1,70 m yang berdiri tegak lurus?
- Laju rata-rata aliran darah di dalam aorta ($r = 1,0 \text{ cm}$) adalah 30 cm/detik. Apakah aliran tersebut tunak atau turbulen? (gunakan bilangan Reynold, massa jenis zat dan viskositas fluida).

F. Glosarium

Debit adalah banyaknya fluida yang mengalir lewat penampung tiap satuan waktu.

Fluida adalah zat atau entitas yang terdeformasi secara berkesinambungan apabila diberi tegangan geser walau sekecil apapun tegangan geser itu. Fluida dibagi menjadi cairan dan gas. dan tekanan untuk zat alir yang bergerak.

Fluida Ideal yaitu fluida yang tidak mengalami perubahan volume dan gaya gesekan selama bergerak.

Hukum Archimedes. Bila benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka benda akan mendapat gaya ke atas seberat zat cair yang dipindahkan oleh benda.

Hukum utama hidrostatis. Besarnya tekanan hidrostatis pada setiap titik dalam kedalaman yang sama pada satu jenis zat cair adalah sama. Pipa U digunakan untuk menghitung massa jenis suatu zat air.

Hukum Pascal. Tekanan yang dikerjakan pada zat cair dalam bejana tertutup akan diteruskan ke segala arah sama besar.

Hukum Stokes. Hukum yang menghubungkan antara gaya gesekan yang dialami suatu benda yang bergerak di dalam fluida yang kental dengan laju benda.

Kapilaritas adalah gejala naik atau turunnya zat cair dalam pipa kapiler.

Manometer. Alat pengukur tekanan udara didalam ruang tertutup.

Venturimeter. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan fluida.

Viskositas adalah kekentalan suatu zat cair.

G. Daftar Pustaka

Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.

Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.

Sutrisno. (1997). *Seri Fisika: Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.

Tan Ik Gie, dkk. (1998). *Diktat Fisika Dasar – 1*. Jakarta: EIUDP – CIDA.

BAB 10

GERAK HARMONIK SEDERHANA

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
16.	Melakukan kajian ilmiah untuk mengenali gejala dan ciri-ciri gelombang secara umum serta penerapannya.	<ul style="list-style-type: none">• Memformulasikan perambatan gelombang pada medium• Mengaplikasikan sifat-sifat gelombang dalam pemecahan masalah• Mengaplikasikan superposisi gelombang dalam pemecahan masalah kehidupan sehari-hari• Menunjukkan kemampuan kerja sama dalam kegiatan laboratorium	Gerak Harmonik Sederhana

10. GERAK HARMONIK SEDERHANA

A. Pengertian

- **Gerak periodik** adalah gerak berulang dalam selang waktu yang sama.
- **Getaran (osilasi)** adalah gerak bolak-balik pada lintasan yang sama.
- **Getaran harmonis** adalah gerak bolak-balik di sekitar titik setimbang.
- **Gerak harmonik sederhana (GHS)** adalah gerak periodik suatu benda tanpa kehilangan energi mekanik. Gaya pada partikel sebanding dengan jarak partikel dari posisi setimbang. Gerak ini sangat jarang dijumpai di alam, umumnya setiap gerak harmonik terjadi kehilangan energy, sehingga gerakannya teredam sehingga dikenal gerak harmonic teredam. Contoh osilator harmonik sederhana adalah sistem massa-pegas.

B. Persamaan Gerak Harmonik Sederhana

Berdasarkan Hukum Hooke gaya dirumuskan sebagai:

$$F = -kx \quad (10.1)$$

Penerapan Hukum I Newton pada persamaan (10.1) menghasilkan:

$$F = -kx = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{atau}$$
$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \quad (10.2)$$

Ini adalah persamaan diferensial yang solusinya merupakan gerak harmonik sederhana. Persamaan (10.2) dapat dituliskan kembali dalam bentuk:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \quad (10.3)$$

Misalkan $\frac{k}{m} = \omega^2$, maka persamaan (10.3) menjadi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2x \quad (10.4)$$

Persamaan ini mempunyai solusi umum berbentuk:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) \quad (10.5)$$

dengan A = amplitude (m), ω = kecepatan sudut (rad/det), ϕ = konstanta fase.

Periode, T adalah waktu yang diperlukan partikel untuk melakukan gerak satu siklus.

Dirumuskan sebagai:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (10.6)$$

Kebalikan perioda disebut frekuensi. Dirumuskan sebagai:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (10.7)$$

Laju partikel untuk gerak harmonik sederhana diperoleh dengan mendiferensialkan persamaan (10.5).

$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \phi) \quad (10.8)$$

Sedangkan percepatan partikel.

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x(t) \quad (10.9)$$

C. Energi pada Gerak Harmonik Sederhana

1. Energi Potensial

$$E_p = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \phi) \quad (10.10)$$

2. Energi Kinetik

$$E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \phi) \quad (10.11)$$

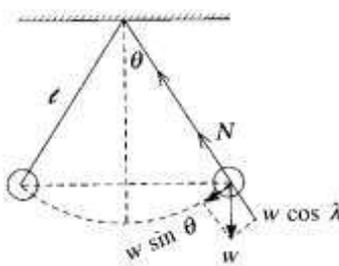
$$E_k = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \phi) \quad (10.12)$$

3. Energi Mekanik Total

$$\begin{aligned} E_M &= E_K + E_P \\ E_M &= \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \phi) + \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \phi) \\ E_M &= \frac{1}{2} k A^2 \end{aligned} \quad (10.13)$$

D. Aplikasi Gerak Harmonik Sederhana

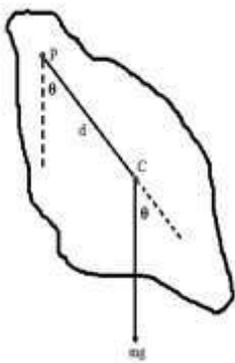
1. Bandul Sederhana (*Simple Pendulum*)



$$\begin{aligned} T &= 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{g}{l}} \\ F &= -mg \sin \theta \end{aligned}$$

T = periode (detik)
 l = panjang tali (m)
 g = percepatan gravitasi (m/detik²)
 f = frekuensi (1/detik = Hz)
 F = gaya pemulih (N)
 m = massa beban (kg)

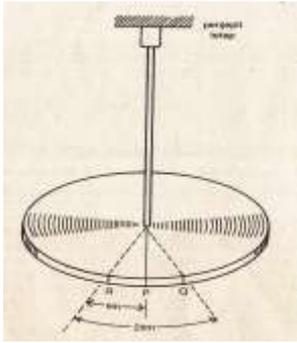
2. Bandul Fisis (*Physical Pendulum*)



$$\begin{aligned} T &= 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} \end{aligned}$$

T = periode (detik)
 I = momen kelembaman (kg m²)
 $K = mgd$ (kg m²/detik²)
 d = jarak ke pusat massa (m)
 g = percepatan gravitasi (m/detik²)
 m = massa beban (kg)

3. Bandul Putiran (*Torsional Pendulum*)



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k}}$$

T = periode (detik)
 I = momen kelembaman (kg m^2)
 k = konstanta putiran ($\text{kg m}^2/\text{det}^2$)

E. Superposisi Dua Gerak Harmonik Sederhana

Penjumlahan dua buah gerak harmonik sama seperti halnya penjumlahan pada gerak lurus.

Misalkan dua gerak harmonik sederhana masing-masing:

$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \phi_1)$ dan $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \phi_2)$. Gerak resultannya:

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = A_1 \cos(\omega t + \phi_1) + A_2 \cos(\omega t + \phi_2) \quad (10.14)$$

Tinjau kasus khusus:

1. Frekuensi dan fasa kedua gelombang sama

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \phi_0) \text{ dan } x_2 = A_2 \cos(\omega t + \phi_0)$$

Superposisi kedua gerak harmonik ini adalah:

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = (A_1 + A_2) \cos(\omega t + \phi_0) \quad (10.15)$$

Gelombang baru sefasa dengan gerak $x_1(t)$ dan $x_2(t)$, tetapi amplitudonya = $(A_1 + A_2)$

2. Frekuensi sama dan konstanta fasa gelombang sama

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \phi_1) \text{ dan } x_2 = A_2 \cos(\omega t + \phi_2)$$

Hasil superposisi adalah:

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = A_1 \cos(\omega t + \phi_1) + A_2 \cos(\omega t + \phi_2) = A \cos(\omega t + \phi_R) \quad (10.16)$$

Diketahui bahwa A dan ϕ_R tidak bergantung waktu. Untuk itu dibutuhkan dua persamaan untuk menentukan dua bilangan tak diketahui. Misalkan $\omega t = 0$, dan $\omega t = -90^\circ$, maka diperoleh:

$$A \cos \phi_R = A_1 \cos \phi_1 + A_2 \cos \phi_2 \quad (10.17)$$

$$A \sin \phi_R = A_1 \sin \phi_1 + A_2 \sin \phi_2 \quad (10.18)$$

Pengkuadratan persamaan (10.17) menghasilkan:

$$A^2 \cos^2 \phi_R = A_1^2 \cos^2 \phi_1 + A_2^2 \cos^2 \phi_2 + 2 A_1 A_2 \cos \phi_1 \cos \phi_2 \quad (10.19)$$

Pengkuadratan persamaan (10.18) menghasilkan:

$$A^2 \sin^2 \phi_R = A_1^2 \sin^2 \phi_1 + A_2^2 \sin^2 \phi_2 + 2 A_1 A_2 \sin \phi_1 \sin \phi_2 \quad (10.20)$$

Jumlah kedua persamaan (19) dan (20) diperoleh:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\phi_1 - \phi_2) \quad (10.21)$$

Tetapan fasa diperoleh dengan membagi persamaan (18) dan (17).

$$\tan \phi_R = \frac{A_1 \sin \phi_1 + A_2 \sin \phi_2}{A_1 \cos \phi_1 + A_2 \cos \phi_2} \quad (10.22)$$

Dari persamaan (16), (21) dan (22) dapat ditentukan hasil superposisi dua gelombang harmonik dengan frekuensi sama maupun fasa yang berbeda.

F. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah benda massanya 100 g bergerak harmonik dengan amplitudo 10 cm dan frekuensi 10 Hz pada saat fasenya $\frac{1}{12}$

Hitunglah :

- Simpangan, kecepatan, dan percepatannya,
- Energi potensial dan energi kinetik,
- Gaya yang bekerja pada benda.

Penyelesaian:

Besar ω adalah :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(10) = 20\pi \text{ Hz}$$

Nilai fase gelombang $\varphi = \frac{1}{12}$

- Besarnya y , v dan a saat $\varphi = \frac{1}{12}$

$$y = A \sin \omega t = A \sin 2\pi\varphi$$

$$= 10^{-1} \sin 2\pi \left(\frac{1}{12}\right) = 10^{-1} \left(\frac{1}{12}\right) = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v = \frac{dy}{dt} = A\omega \cos 2\pi\varphi = (10^{-1})(20\pi) \cos \frac{\pi}{6}$$

$$= \pi\sqrt{3} \text{ m/s}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = A\omega^2 \sin 2\pi\varphi = -(10^{-1})(20\pi)^2 \sin \frac{\pi}{6}$$

$$= -20\pi^2 \text{ m/s}^2$$

- $k = m\omega^2 = (10^{-1})(20\pi)^2$

$$= 40\pi^2 \text{ N/m}$$

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}(40\pi^2)(5 \times 10^{-2})^2$$

$$= 5\pi^2 \times 10^{-12} \text{ J}$$

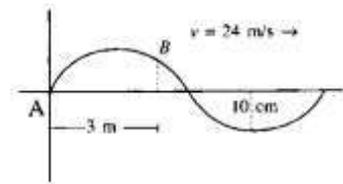
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(10^{-1})(\pi\sqrt{3})^2$$

$$= 50,15\pi^2 \text{ J}$$

- $F = ky = 40\pi^2 (5 \times 10^{-2}) = 2\pi^2 \text{ N}$

2. Gelombang merambat dari A ke B dengan amplitudo 10 cm dan frekuensi 6 Hz. Bila cepat rambat gelombang 24 m/s, hitunglah besar simpangan di B setelah 3 sekon A bergetar. Jarak AB 3 m.

Penyelesaian:



Hitung panjang gelombang ini.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{24}{6} = 4 \text{ m}$$

$$y = A \sin 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$= 10^{-1} \sin 2\pi \left(6 \cdot 3 - \frac{3}{4}\right)$$

$$= 10^{-1} \sin 2\pi \left(18 - \frac{3}{4}\right)$$

$$= 10^{-1} \sin 2\pi \left(17\frac{1}{4}\right) = 10^{-1} \sin 2\pi \left(\frac{1}{4}\right)$$

$$= 10^{-1} \sin 90^\circ = 10^{-1} \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

3. Sebuah gelombang berjalan dinyatakan dengan persamaan $y = 10 \sin 2\pi (100t - 0,5x)$ di mana l dalam sekon, y dan x dalam meter.

Hitunglah amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombangnya.

Penyelesaian :

$$y = 10 \sin 2\pi (100t - 0,5x)$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ A & & f \\ & & \downarrow \\ & & \frac{1}{\lambda} \end{array}$$

Sehingga :

$$A = 10 \text{ m}, f = 100 \text{ Hz}, \lambda = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m}$$

$$v = \lambda f = 2 (100) = 200 \text{ m/s}$$

4. Salah satu ujung tali pada percobaan Melde diikatkan pada vibrator dan ujung tali yang lain setelah melalui katrol diberi beban 2,5 kg. Massa tali yang penjangnya 100 cm adalah 1,6 g. hingga cepat rambat gelombang pada tali.

Penyelesaian:

Berat beban, yaitu :

$$F = w = mg = 2,5 (10) = 25 \text{ N}$$

Rapat massa, yaitu :

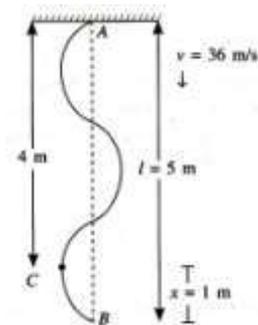
$$\mu = \frac{m_k}{l} = \frac{1,6 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ m}} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{25}{1,6 \times 10^{-3}}} = \frac{5}{4} \times 10^2 = 125 \text{ m/s}$$

5. Seutas tali AB panjangnya 5 m digantung vertical sehingga B berada di bawah dan merupakan ujung bebas. Titik C terletak 4 m dari A. ujung A digetarkan transversal dengan frekuensi 6 Hz dan amplitudo 10 cm. bila cepat rambat gelombang 36 m/s, hitunglah :

- Simpangan di C setelah 3 s
- Tiap berapa sekon terjadi simpul di C.

Penyelesaian :



- $v = f\lambda$

$$36 = 6\lambda \rightarrow \lambda = 6 \text{ m}$$

$$y_c = 2A \sin 2\pi \left(ft - \frac{1}{\lambda}\right) \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda}\right)$$

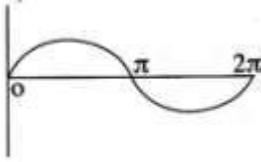
$$= 2(10) \sin 2\pi \left(6 \cdot 3 - \frac{5}{6}\right) \cos 2\pi \left(\frac{1}{6}\right)$$

$$= 20 \sin 2\pi \left(17\frac{1}{6}\right) \cos 2\pi \left(\frac{1}{6}\right)$$

$$= 20 \sin 2\pi \frac{1}{6} \cos \frac{\pi}{3}$$

$$= 20 \left(\frac{1}{2}\sqrt{3}\right) \left(\frac{1}{2}\right) = 5\sqrt{3} \text{ cm}$$

b. syarat terjadi simpul



Simpul berada pada $\pi, 2\pi, 3\pi, \dots$ atau $2\pi \left(\frac{1}{2}n\right)$

$$\sin 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) = 0$$

$$\sin 2\pi \left(6t - \frac{5}{6} \right) = \sin 2\pi \left(\frac{1}{2}n \right)$$

$$6t - \frac{5}{6} = \frac{1}{2}n$$

$$6t = \frac{1}{2}n + \frac{5}{6} \rightarrow t = \frac{1}{12}n + \frac{5}{36}$$

$$\text{Untuk } n = 0 \rightarrow t = \frac{5}{36} \text{ s}$$

6. persamaan gelombang yang merambat dalam tali yang direntangkan adalah $y = 100 \sin \pi (50t - 0,5x)$, di mana t dalam sekon, y dan x dalam meter. Hitunglah cepat rambat gelombang.

Penyelesaian:

$$y = 100 \sin \pi (50t - 0,5x)$$

$$= 100 \sin 2\pi (25t - 0,25x)$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ A & f & \frac{1}{\lambda} \end{array}$$

$$v = \lambda f = \frac{1}{0,25} (25) = 100 \text{ m/s}$$

G. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

- Gelombang longitudinal tidak mengalami peristiwa ...
 - Refraksi
 - Polarisasi
 - Difraksi
 - disperse
 - interferensi
- Perhatikan gambar di bawah ini!

Banyaknya setaran dan periode getaran gambar di atas adalah ...

 - 4 getaran, 20 s
 - 4 getaran, 10 s
 - 2 getaran, 10 s
 - 2 getaran, 5 s
 - 1 getaran, 5 s
- Sebuah gelombang kecepatannya 320 ms^{-1} dan panjang gelombangnya adalah 2 m. frekuensi dan periode gelombang tersebut adalah ...
 - 160 Hz dan 6,25 ms
 - 160 KHz dan 6,25 ms
 - 160 Hz dan 6,25 s
 - 320 Hz dan 1,25 ms
 - 320 KHz dan 1,25 ms
- Seutas dawai yang panjangnya 0,5 m dan massanya 50 gram ditegangkan dengan beban seberat 0,64 kg yang digantungkan secara vertical. Kecepatan rambat gelombang yang dihasilkan dawai tersebut adalah ...
 - 14 m/s
 - 12 m/s
 - 10 m/s
 - 8 m/s
 - 6 m/s
- Sebuah partikel bergerak harmonic dengan periode 0,1 s dan amplitudonnya 1 cm. Kelajuan partikel saat berada 0,6 cm dari titik setimbangnya adalah ...
 - $4\pi \text{ cm s}^{-1}$
 - 8 cm s^{-2}
 - $8\pi \text{ cm s}^{-2}$
 - 16 cm s^{-2}
 - $16\pi \text{ cm s}^{-2}$
- Suatu gelombang memiliki panjang gelombang 20 cm dan periode 0,1 s. besarnya cepat rambat gelombang adalah ...
 - 32 m/s
 - 16 m/s
 - 8 m/s
 - 4 m/s
 - 2 m/s
- Suatu gelombang harmonic sederhana dirumuskan sebagai berikut $y = 4 \sin \pi t$ (dalam cm). Kecepatan gelombang saat 3 s adalah ...
 - $-0,04\pi \text{ m/s}$
 - $0,04\pi \text{ m/s}$
 - $-0,04 \text{ m/s}$
 - $0,04 \text{ m/s}$
 - $-0,02\pi \text{ m/s}$
- Percepatan yang terjadi saat 4 s, pada persamaan gelombang berikut $y = 4 \sin \frac{\pi}{2} t$ (dalam cm)
 - 0 m/s^2
 - $\pi^2 \text{ m/s}^2$
 - $0,3\pi \text{ s}$
 - $2\pi \text{ m/s}^2$
 - $0,5\pi \text{ s}$
- Sebuah bandul digantungkan pada sebuah tali sepanjang 0,1 m, kemudian disimpangkan. Besarnya periode getar bandul tersebut adalah ...
 - $0,1\pi \text{ s}$
 - $0,2\pi \text{ s}$
 - $0,3\pi \text{ s}$
 - $0,4\pi \text{ s}$
 - $0,5\pi \text{ s}$

10. Sebuah partikel massanya 20 g bergetar harmonic dengan frekuensi $\frac{100}{\pi}$ Hz dan amplitudonya 4 cm, energy potensial saat sudut fasenya 30 adalah ...
- 0,80 J
 - 0,64 J
 - 0,48 J
 - 0,32 J
 - 0,16 J
11. Pada sebuah tali yang ditegangkan dengan beban seberat 200 g secara vertical, merambat sebuah gelombang dengan kecepatan 10 ms^{-1} . Jika panjang tali tersebut 2 m, maka massa tali tersebut adalah ...
- 40 g
 - 35 g
 - 30 g
 - 25 g
 - 20 g
12. Yang dipindahkan oleh gelombang adalah ...
- Amplitudo
 - Massa
 - Frekuensi
 - energy
 - fase
13. Sebuah gelombang dirumuskan sebagai berikut :
 $y = 2 \sin \left(\frac{3\pi}{4} t + \frac{\pi}{2} \right)$ (dalam cm)
 beda fase saat $t = 1 \text{ s}$ dan $t = 4$ adalah ...
- $\frac{5}{4}\pi$ rad
 - $\frac{7}{4}\pi$ rad
 - $\frac{9}{4}\pi$ rad
 - $\frac{9}{2}\pi$ rad
 - $\frac{7}{2}\pi$ rad
14. Sebuah pegas dengan konstanta pegas sebesar 400 N/m diberi beban sebesar 4 kg. besarnya frekuensi getar pegas tersebut adalah ...
- 5π Hz
 - $\frac{5}{\pi}$ Hz
 - 5 Hz
 - 10π Hz
 - $\frac{10}{\pi}$ Hz
15. Periode getar sebuah pegas yang memiliki konstanta pegas sebesar 160 N/m adalah $0,1 \pi$ s. massa beban yang digantikan pada pegas tersebut adalah ...
- 200 g
 - 250 g
 - 300 g
 - 350 g
 - 400 g

• **Essay:**

- Seekor kecoak kecil dengan massa 0,30 gram tertangkap pada jarring laba-laba. Jaring bergetar dengan frekuensi 15 Hz. (a) hitunglah konstanta pegas jarring laba-laba tersebut. (b) pada frekuensi berapakah jaring bergetar jika yang tertangkap adalah seekor serangga dengan massa 0,10 gram?
- Sebuah benda serentak melakukan dua gerak harmonic sederhana dengan persamaan: $x_1 = 20 \cos (30\pi t + \pi/3)$ dan $x_2 = 25 \cos (30\pi t + \pi/6)$ (x dalam cm dan besaran sudut dalam radian). Tentukan: (a) persamaan gerak resultan (b) simpangan gerak resultan pada saat $t = 0,2$ detik.

H. Glosarium

Amplitudo. Jarak simpang getar terjauh dari titik keseimbangannya. Simpangan maksimum gelombang.

Fase gelombang. Keadaan gelombang pada suatu saat terhadap keadaan setimbangya.

Frekuensi. Banyaknya gelombang atau getaran selama satu detik. Satuannya dalam SI adalah Hz (Hertz).

Getaran harmonis adalah gerak bolak-balik di sekitar titik setimbang.

Gelombang adalah rambatan dari usikan.

Gelombang Stasioner. Gelombang stasioner merupakan hasil interferensi dua gelombang yang mempunyai amplitudo dan frekuensi sama tetapi arah rambat berlawanan.

Periode. Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran atau satu gelombang. Kebalikan dari frekuensi.

I. Daftar Pustaka

Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.

David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.

Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetyo and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.

Sutrisno. (1984). *Seri Fisika: Fisika Dasar – Gelombang dan Optik*. Bandung: Penerbit ITB.

Tan Ik Gie, dkk. (1998). *Diktat Fisika Dasar – 1*. Jakarta: EIUDP – CIDA.

BAB 11

BUNYI

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
17.	Mendiskripsikan gejala dan ciri-ciri gelombang bunyi	<ul style="list-style-type: none"> • Memformulasikan sifat-sifat dasar gelombang bunyi • Merancang percobaan untuk mengukur cepat rambat bunyi 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciri-ciri Gelombang Bunyi
18.	Menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dalam teknologi	<ul style="list-style-type: none"> • Merancang percobaan untuk menentukan hukum pemantulan bunyi • Mengamati gejala pembiasan, dan difraksi gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari • Memformulasikan gejala interferensi, efek Dopler dan pelayangan gelombang bunyi • Memformulasikan tinggi nada bunyi pada beberapa alat penghasil bunyi • Memformulasikan intensitas dan taraf intensitas bunyi • Mengaplikasikan gelombang bunyi berdasarkan frekuensinya 	<ul style="list-style-type: none"> • Gejala Gelombang Bunyi • Gelombang stasioner pada sumber bunyi • Taraf intensitas dan aplikasi bunyi

11. BUNYI

A. Pengertian

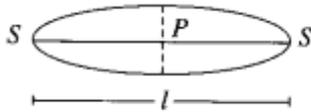
Bunyi merupakan gelombang mekanik yang tidak dapat merambat dalam hampa udara dan berupa gelombang longitudinal

Tinggi rendahnya nada bergantung pada *frekuensi* dan keras lemahnya bunyi bergantung pada *amplitudo*.

B. Sumber-Sumber Bunyi

1. Dawai

Nada dasar



$$l = \frac{1}{2}\lambda$$
$$f_0 = \frac{v}{2l}$$

f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)

l = panjang dawai (m)

p = perut

s = simpul

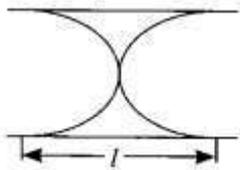
v = cepat rambat gelombang pada dawai (m/det)

Rumus frekuensi pada dawai

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$
$$f_n = \frac{(n+1)v}{2l}$$

2. Pipa organa terbuka

Nada dasar = f_0



$$l = \frac{1}{2}\lambda$$
$$f_0 = \frac{v}{2l}$$

Rumus frekuensi pada pipa organa terbuka

$$f_n = \frac{(n+1)v}{2l}$$
$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$

l = panjang kolom udara

3. Pipa organa tertutup

Nada dasar = f_0



$$l = \frac{1}{4}\lambda$$
$$f_0 = \frac{v}{4l}$$

Rumus frekuensi pada pipa organa tertutup

$$f_n = \frac{(2n+1)v}{4l}$$

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

C. Resonansi

Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena ada benda lain yang bergetar di sekitarnya.

Resonansi juga terjadi pada kolom udara.

$$l_n = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$$

l_n = panjang kolom udara (m),

$n = 1, 2, 3, \dots$

λ = panjang gelombang (m)

D. Layangan

Layangan adalah gejala penguatan atau pelemahan bunyi secara periodic atau frekuensi dua buah gelombang bunyi yang mempunyai perbedaan frekuensi sangat kecil.

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Δf = jumlah layangan tiap sekon

E. Intensitas bunyi

Intensitas bunyi adalah energi bunyi per satuan waktu yang menembus bidang tiap satuan luas.

$$I = \frac{P}{A}$$

atau

$$I = 2 \pi^2 f^2 A^2 \rho v$$

A = luas bidang yang ditembus (m^2)

P = daya (W/m^2)

I = intensitas bunyi (Hz)

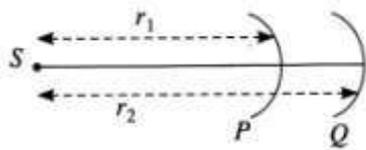
A = amplitudo (m)

v = cepat rambat bunyi (m/s)

f = frekuensi gelombang (Hz)

ρ = massa jenis medium (kg/m^3)

Jika sumber bunyi berupa titik, maka untuk jarak pengamat yang berbeda berlaku:



$$I_1 : I_2 = r_1^2 : r_2^2$$

r_1 = jarak dari S ke P

r_2 = jarak bunyi (Hz)

S = sumber bunyi

I_1 = intensitas bunyi pada jarak r_1

I_2 = intensitas bunyi pada jarak r_2

F. Taraf Intensitas

Taraf intensitas bunyi adalah logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\begin{aligned} TI &= \text{taraf intensitas (dB)} \\ I &= \text{intensitas bunyi (W/m}^2\text{)} \\ I_0 &= \text{intensitas ambang (W/m}^2\text{)} \\ &= 10^{-12} \text{ W/m}^2 \\ &= 10^{-16} \text{ W/cm}^2 \end{aligned}$$

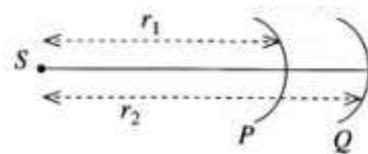
Untuk n sumber bunyi yang sejenis dan dibunyikan secara bersamaan akan menghasilkan taraf intensitas total sebesar

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

$$\begin{aligned} TI_1 &= \text{taraf intensitas untuk 1 sumber bunyi (dB)} \\ n &= \text{banyaknya sumber bunyi} \\ TI_n &= \text{taraf intensitas total (dB)} \end{aligned}$$

Bila sumber bunyi diamati oleh pengamat yang berbeda jaraknya maka besar taraf intensitas pada jarak r_2 dirumuskan dengan :

$$TI_2 = TI_1 - 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2}$$



G. Efek Doppler

Gerak relatif antara sumber gelombang dan pengamat menyebabkan frekuensi gelombang yang diterima oleh pengamat berbeda dengan frekuensi gelombang yang dihasilkan sumber. Gejala demikian dikenal sebagai efek Doppler. Jadi, Efek Doppler menyelidiki hubungan antara frekuensi bunyi yang diterima pendengar (P) dan frekuensi bunyi dari sumber (S) bila terjadi gerakan relatif antara P dan S atau peristiwa berubahnya frekuensi bunyi yang diterima pendengar terhadap frekuensi sumber bunyi karena relatif antara P dan S.

Bila medium tepat merambat bunyi dianggap diam, maka:

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

v = cepat rambat bunyi di udara (m/s)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v_p = kecepatan pendengar (m/s)

f_p = frekuensi pendengar (Hz)

v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

Catatan :

v_p bernilai \oplus jika P mendekati S dan bernilai \ominus jika P menjauh S

v_s bernilai \oplus jika S menjauhi P dan bernilai \ominus jika S mendekati P

Tabel 11.1. Tingkat Bising Berbagai Sumber Bunyi

Sumber	Tingkat Intensitas (dB)	Sumber	Tingkat Intensitas (dB)
Ambang rasa sakit	120	Mobil yang mulus	50
Pemasang paku kling	95	Bunyi biasa radio	40
Kereta api	90	Bisik-bisik	20
Jalan ramai	70	Desiran daun	10
Percakapan biasa	65	Ambang pendengaran	0

H. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sepotong senar panjang 80 cm dan massanya 20 g ditegangkan dengan gaya 640 N. Berapakah frekuensi nada dasarnya?

Penyelesaian:

Hitunglah rapat massa tali:

$$\mu = \frac{m}{l} = \frac{20 \times 10^{-3} \text{ kg}}{80 \times 10^{-2} \text{ m}} = 0,025 \text{ kg/m}$$

Hitung cepat rambat gelombang pada tali :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{640}{0,025}} = 160 \text{ m/s}$$

Senar pada nada dasar

$$l = \frac{1}{2} \lambda \rightarrow \lambda = 2l$$

berarti, nada dasar f_0 adalah :

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2l} = \frac{160}{2(8 \times 10^{-1})} = 100 \text{ Hz}$$

2. Frekuensi nada atas I pipa organa terbuka 300 Hz. Berapa frekuensi nada atas II jika pipa organa ini di tutup pada salah satu ujungnya?

Penyelesaian:

Nada atas ke-2 : $n = 2$

Pipa organa terbuka

$$f_n = \frac{(n+1)v}{2l} \rightarrow f_1 = \frac{(1+1)v}{2l}$$

$$300 = \frac{2v}{2l} \rightarrow \frac{v}{l} = 300 \dots (1)$$

Pipa organa tertutup

$$f_n = \frac{(2n+1)v}{4l} = \frac{(2 \cdot 2 + 1)v}{4l} = \frac{5v}{4l}$$

dari persamaan (1), didapatkan:

$$f_2 = \frac{5}{4} (300) = 375 \text{ Hz}$$

3. Berapakah frekuensi nada dasar dan nada I suatu pipa organa terbuka yang panjang I m bila cepat rambat bunyi di udara 340 m/s?

Berapa frekuensi nada dasar dan nada atas I bila ujung pipa ditutup?

Penyelesaian:

Pipa organa terbuka

$$f_n = \frac{(n+1)v}{2l}$$

$$f_0 = \frac{(0+1)340}{2 \cdot 1} = 170 \text{ Hz}$$

$$f_1 = \frac{(1+1)340}{2} = 340 \text{ Hz}$$

Pipa organa tertutup

$$f_n = \frac{(2n+1)v}{4l}$$

$$f_0 = \frac{(0+1)340}{4 \cdot 1} = 85 \text{ Hz}$$

$$f_1 = \frac{(2 \cdot 1 + 1)340}{4} = 255 \text{ Hz}$$

4. Andi berdiri di samping sumber bunyi yang frekuensinya 676 Hz. Sebuah sumber bunyi lain yang frekuensinya 676 Hz mendekati andi dengan kecepatan 2 m/s. Bila cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, hitunglah besarnya frekuensi pelayangan yang didengar andi.

Penyelesaian:

Misalkan sumber bunyi yang diam sebagai A dan yang bergerak sebagai B.

$$f_A = 676 \text{ Hz}, f_B = 676 \text{ Hz.}$$

$$v_A = 0, v_B = 2 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{bunyi}} = 340 \text{ m/s}$$

Frekuensi yang didengar Andi dari sumber B adalah:

$$f_p = \left(\frac{v}{v - v_B} \right) f_B = \frac{340 + 0}{340 - 2} \cdot 676 = 680 \text{ Hz}$$

$$\begin{array}{ccc} A & \text{Andi} & B \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{array} \quad v_B \leftarrow \bullet$$

Selisih frekuensi A di B menghasilkan pelayangan

$$\Delta f_p = f_{p2} - f_{p1} = 680 - 676 = 4 \text{ Hz}$$

5. Sebuah mobil ambulans bergerak dengan kecepatan 36 km/jam mendekati pendengar yang berdiri di tepi jalan sambil membunyikan sirine dengan frekuensi 660 Hz. Bila cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, berapa frekuensi yang didengar oleh pendengar?

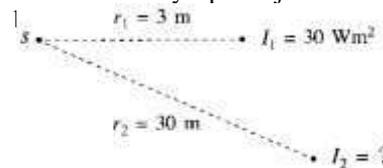
$$\begin{array}{ccc} P & & S \\ & \xleftarrow{10 \text{ m/s}} & \\ \bullet & & \bullet \end{array}$$

Penyelesaian :

Karena S mendekati P, maka P akan mendengar frekuensi bertambah besar.

$$f_p = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) \cdot f_s = \frac{340}{340 - 10} \cdot 660 = 680 \text{ Hz}$$

6. Pada jarak 3 m dari sumber bunyi terdapat intensitas bunyi sebesar 30 W/m². Berapa intensitas bunyi pada jarak 30 m dari sumber



Gunakan perbandingan

$$I_1 : I_2 = r_1^2 : r_2^2$$

$$30 : I_2 = (3)^2 : (30)^2$$

$$30 : I_2 = 900 : 9 \rightarrow I_2 = \frac{30}{100} = 0,3 \text{ W/m}^2$$

7. Suatu ruangan mempunyai luas 10 cm^2 . Taraf intensitas pada ruangan tersebut 60 dB . Jika intensitas ambangnya 10^{-1} W/cm^2 , hitunglah daya akustiknya.

Penyelesaian:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$60 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$(I_0 = 10^{-16} \text{ W/cm}^2 \\ = 10^{-12} \text{ W/m}^2)$$

$$6 \log 10 = \log \frac{I}{10^{-12}} \quad (\log 10 = 1)$$

$$\log 10^6 = \log \frac{I}{10^{-12}} \rightarrow I = 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow P = IA = 10^{-6} \cdot 10^{-2} = 10^{-8} \text{ W}$$

8. Taraf intensitas bunyi pada jarak 1 m dari sumber bunyi adalah 40 dB . Berapa taraf intensitasnya pada jarak 10 m dari sumber bunyi?

Penyelesaian :

$$TI_2 = TI_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1} = 40 - 20 \log \frac{10}{1} = 20 \text{ dB}$$

9. Sebuah sepeda motor melewati suatu Fakultas sehingga timbul taraf intensitas 80 dB . Berapa besar taraf intensitasnya bunyi yang diterima A dengan B adalah ...

Penyelesaian :

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n = 80 + 10 \log 10 = 90 \text{ dB}$$

10. Sebuah pipa organa tertutup penjangnya 80 cm ditiup dan menghasilkan nada atas kedua. Berapa panjang pipa organa terbuka yang apabila ditutup menghasilkan nada atas pertama yang frekuensinya sama dengan nada atas kedua pipa organa tertutup ?

Penyelesaian :

$$f_2 \text{ tertutup} = f_1 \text{ terbuka}$$

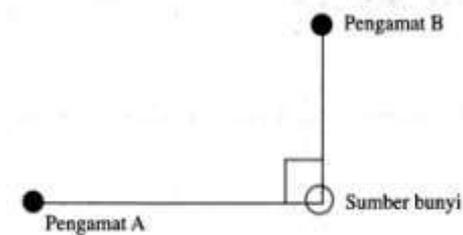
$$\frac{(2.2+1)v}{4} = \frac{(1+1)v}{2}$$

$$\frac{4l_1}{5} = \frac{2}{2l_2} \rightarrow l_2 = \frac{320}{5} = 64 \text{ cm}$$

I. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

- Gelombang bunyi menyebar dari sumbernya ke segala arah sama rata, titik A berjarak P dari sumber bunyi dan titik B berjarak $2,5 P$ dari sumber. Perbandingan intensitas bunyi yang diterima A dengan B adalah ...
 - $25 : 4$
 - $4 : 24$
 - $5 : 2$
 - $2 : 5$
 - $1 : 1$
- Sebuah sumber bunyi dengan frekuensi 800 Hz, bergerak mendekati seorang pengamat dengan kecepatan 20 m/s. Kecepatan rambat bunyi di udara 340 m/s. Jika pengamat bergerak dengan kecepatan 40 m/s searah dengan gerak sumber bunyi, frekuensi yang didengar pengamat adalah ...
 - 700 Hz
 - 725 Hz
 - 750 Hz
 - 775 Hz
 - 800 Hz
- Jika sumber bunyi bergerak dengan kecepatan v mendekati pendengar yang diam, disbanding dengan sumber bunyi diam dan pendengar mendekati sumber bunyi dengan kecepatan yang sama, maka bunyi terdengar ...
 - Lebih keras pada sumber yang bergerak
 - Lebih keras pada sumber yang diam
 - Lebih tinggi pada sumber yang bergerak
 - Lebih tinggi sumber yang diam
- Taraf intensitas suatu bunyi adalah 80 dB, jika harga ambang bunyi 10^{-12} W/m^2 . Daya yang melalui pintu seluas $1,25 \text{ m}^2$ adalah ...
 - $5,00 \times 10^{-5} \text{ W}$
 - $7,50 \times 10^{-5} \text{ W}$
 - $1,00 \times 10^{-4} \text{ W}$
 - $1,25 \times 10^{-4} \text{ W}$
 - $1,50 \times 10^{-4} \text{ W}$
- Suatu sumber bunyi bergerak dengan kecepatan 20 m/s menjauhi seorang pendengar yang diam. Jika frekuensi 900 Hz dan cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, frekuensi gelombang bunyi terdengar adalah ...
 - 750 Hz
 - 800 Hz
 - 956 Hz
 - 953 Hz
 - 850 Hz
- Dua buah sumber bunyi dengan frekuensi 1.032 Hz dan 1.034 Hz dibunyikan bersamaan, frekuensi pelayangan yang timbul adalah ... ($v_{\text{udara}} = 340 \text{ m/s}$)
 - 2 Hz
 - 1 Hz
 - 1.034 Hz
 - 1.032 Hz
 - 1.033 Hz
- Sumber bunyi dan pendengar bergerak saling mendekati dengan kecepatan yang sama, yaitu 20 m/s. Jika pendengar mendengar bunyi dari sumber dengan frekuensi 720 Hz, frekuensi sumber yang sebenarnya adalah ...
 - 640 Hz
 - 720 Hz
 - 810 Hz
 - 900 Hz
 - 360 Hz
- Perhatikan gambar di bawah ini
Perhatikan gambar di bawah ini

Pengamat A dan B mendengarkan bunyi berturut-turut 5 s dan 12 s setelah sumber bunyi dinyalakan. Jika kecepatan rambat bunyi di udara adalah 340 ms^{-1} jarak antara pengamat A dan B adalah ...
 - 1,70 km
 - 4,42 km
 - 4,08 km
 - 2,89 km
 - 5,78 km
- Bunyi pantul yang terdengar sesaat setelah bunyi asli adalah ...
 - Gaung
 - Pelayangan
 - Gema
 - nada
 - frekuensi
- Kuat lemah dan tinggi rendah nada berturut-turut dipengaruhi oleh ...
 - Frekuensi dan amplitude
 - Frekuensi dan nada
 - Frekuensi dan artikulasi
 - Amplitude dan frekuensi
 - Amplitude dan cepat rambat
- Taraf intensitas sebuah mesin 60 dB. Bila 100 mesin yang identik dibunyikan secara bersamaan maka taraf intensitasnya menjadi ...
 - 6.000 dB
 - 160 dB
 - 80 dB
 - 40 dB
 - 0.60 dB
- Sebuah jendela dengan ukuran 1 m x 1,5 m dilewati bunyi dengan daya akustik sebesar 150 W. bila intensitas ambang 10^{-16} W/cm^2 , maka taraf intensitas yang terjadi pada jendela tersebut adalah ...
 - 100 dB
 - 110 dB
 - 120 dB
 - 140 dB
 - 180 dB

13. Sebuah bom meledak. Bila pada jarak 4 m dari sumber bunyi taraf intensitasnya 120 dB, intensitasnya menjadi ...
- 130 dB
 - 120 dB
 - 110 dB
 - 100 dB
 - 80 dB
14. Pipa organa terbuka dan tertutup mempunyai panjang yang sama. Maka perbandingan frekuensi nada atas pertama pipa organa tertutup dengan pipa organa terbuka adalah ...
- 3 : 2
 - 2 : 3
 - 4 : 3
 - 3 : 4
 - 5 : 4
15. Sebuah mobil ambulans membunyikan sirine saat mendekati dan menjauhi pejalan kaki di trotoar. Frekuensi sirine yang terdengar saat mendekati pejalan kaki adalah 219 Hz, sedangkan saat menjauhi 184 Hz. Kelajuan kereta dan frekuensi sirine ambulans adalah ...
- 33,5 m/s ; 240 Hz
 - 32,5 m/s ; 230 Hz
 - 31,5 m/s ; 220 Hz
 - 30,5 m/s ; 210 Hz
 - 29,5 m/s ; 200 Hz

• **Essay:**

1. Suatu sirene yang menghasilkan gelombang bunyi dengan frekuensi 1000 Hz bergerak ke arah Barat dengan kecepatan konstan 20 m/det. Dua pengamat berusaha mendekati sirene tersebut, masing-masing A dari Barat ke Timur dengan kecepatan 40 m/det, dan B dari Timur ke Barat dengan kecepatan 40 m/det. Kecepatan gelombang bunyi di udara pada saat tersebut 360 m/det. (a) Tentukan frekuensi gelombang yang diterima A dan B. (b) jika sirene dianggap sumber titik yang menghasilkan gelombang bunyi ke segala arah sama rata, tentukan laju pertambahan intensitas gelombang yang diterima A pada saat intensitas yang diterima 10^{-2} watt/m² dan berjarak 10 m dari sumber, sedang mendekati.
2. Seutas dawai piano sepanjang 1,10 m dengan massa 9,0 gram. (a) berapa besar tegangan yang harus diberikan, jika dawai harus bergetar pada frekuensi dasar, 131 Hz. (b) berapakah frekuensi dari empat harmonic pertama?

J. Glosarium

Bunyi merupakan gelombang mekanik yang tidak dapat merambat dalam hampa udara dan berupa gelombang longitudinal.

Desah. Bunyi yang menghasilkan frekuensi yang tidak teratur.

Decibel (dB). Satuan untuk mengukur intensitas suara.

Efek dopler. Perubahan frekuensi atau panjang gelombang bila terjadi gerakan relatif antara P (pendengar) dan S (sumber) atau peristiwa berubahnya frekuensi bunyi yang diterima pendengar terhadap frekuensi sumber bunyi karena relatif antara P dan S.

Intensitas bunyi adalah energi bunyi per satuan waktu yang menembus bidang tiap satuan luas.

Layangan adalah gejala penguatan atau pelemahan bunyi secara periodic atau frekuensi dua buah gelombang bunyi yang mempunyai perbedaan frekuensi sangat kecil.

Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena ada benda lain yang bergetar di sekitarnya.

Taraf intensitas bunyi adalah logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang.

K. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetyo and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1984). *Seri Fisika: Fisika Dasar – Gelombang dan Optik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tan Ik Gie, dkk. (1998). *Diktat Fisika Dasar – 1*. Jakarta: EIUDP – CIDA.

BAB 12

SUHU DAN KALOR

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
19.	Menganalisis dan menerapkan peristiwa yang berkaitan dengan kalor.	<ul style="list-style-type: none">• Memaparkan faktor-faktor yang mempengaruhi pemuaian• Menganalisis pengaruh kalor terhadap suhu dan wujud	Suhu atau Temperatur dan Kalor

12. SUHU DAN KALOR

A. Pengertian

Temperatur atau **suhu** adalah derajat panas dingin suatu benda atau sistem.

Bila temperatur atau sistem ingin diketahui, maka dipilih suatu sistem lain sebagai indikator (petunjuk). Sistem yang dipilih ini disebut termometer, dan temperatur yang ditunjuk oleh termometer ini adalah temperatur sistem yang berada dalam keseimbangan termal dengannya.

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu adalah termometer dengan satuan derajat.

B. Skala Suhu (Temperatur)

1. Pembuatan Skala Temperatur

Pembuatan skala temperatur dikaitkan dengan adanya perubahan sifat fisis bila temperatur berubah (sifat termometrik). Sifat-sifat fisis ini antara lain: volume cairan, hambatan listrik, tekanan gas, dan sebagainya. Misalkan dipilih X suatu sifat termometrik yang digunakan untuk pembuatan skala temperature. Hubungan temperatur dan perubahan sifat fisis misalnya dipilih fungsi linear yang memenuhi hubungan:

$$T(X) = aX$$

a adalah konstanta yang masih dicari.

Perbandingan dua temperature yang diukur dengan menggunakan thermometer yang sama, akan sama dengan perbandingan X nya.

$$\frac{T(X_1)}{T(X_2)} = \frac{X_1}{X_2}$$

Untuk menentukan konstanta a , ditentukan titik standar yang mana semua termometer memberikan pembacaan yang sama untuk temperature tertentu. Titik standar ini dipilih saat es, air, dan uap air berada dalam keseimbangan; titik ini disebut titik tripel air (*triple point of water*). Temperatur titik ini ditetapkan secara sembarang pada 273,16 derajat Kelvin, karena Celcius secara sembarang memilih 0 dan 100 berdasarkan titik lebur dan titik didih zat tertentu (H_2O), maka koefisien muai gas renggang memperoleh nilai $\sim 1/273$ dan titik nol Kelvin menjadi $-273,16$ K. untuk semua termometer berlaku.

$$\frac{T(X)}{T(X_{tr})} = \frac{X}{(X_{tr})}$$

X_{tr} adalah nilai X pada titik tripel, atau

$$T(X) = 273,16^\circ K \frac{X}{(X_{tr})} \quad (12.1)$$

Persamaan (10.1) digunakan untuk menentukan skala pada termometer yang lain yang mempunyai sifat termometrik yang berbeda-beda. Untuk *termometer cairan* di dalam gelas, X adalah L yaitu panjang kolom cairan:

$$T(L) = 273,16 K \frac{L}{(L_{tr})}$$

Untuk sebuah gas pada tekanan tetap, X adalah V yaitu volume gas:

$$T(V) = 273,16 K \frac{V}{(V_{tr})} \quad (P \text{ tetap})$$

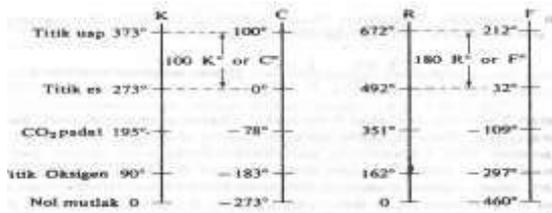
Untuk sebuah gas pada volume tetap, X adalah P yaitu tekanan gas:

$$T(P) = 273,16 K \frac{P}{(P_{tr})} \quad (V \text{ tetap})$$

Untuk thermometer hambatan platina, X adalah R yaitu tahanan listrik:

$$T(R) = 273,16 K \frac{R}{(R_{tr})}$$

2. Hubungan Kelvin, Celcius, Reamur, dan Fahrenheit



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

Suhu mutlak satuannya kelvin (K)

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$$

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

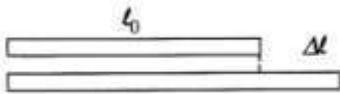
C. Pemuaiian

Salah satu sifat termometrik yang umum adalah adanya perubahan dimensi (panjang, lebar, volume) yang disebabkan perubahan temperatur. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa perubahan dimensi relatif yang terjadi sebanding dengan perubahan temperaturnya dengan tetapan pemuaian hanya bergantung pada jenis bahan, tidak pada ukuran.

1. Pemuaiian Zat Padat

Pemuaiian zat pada ada 3, yaitu:

a. Pemuaiian Pajang



Bila suatu batang pada suatu temperatur mempunyai panjang l_0 dan panjangnya bertambah sepanjang Δl karena perubahan temperatur ΔT , maka

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T \quad (12.2)$$

α = koefisien mulai panjang, dan persamaan (12.2) dapat ditulis:

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l}{\Delta T} \quad (12.3)$$

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta l = l_t - l_0$$

$$l_t = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Δl = $l_t - l_0$ = pertambahan panjang benda (m)

l_0 = panjang benda mula-mula (m)

l_t = panjang benda setelah suhu dinaikkan (m)

ΔT = perubahan suhu = $T_2 - T_1$ ($^{\circ}\text{C}$)

α = koefisien mulai panjang ($^{\circ}\text{C}$)⁻¹

b. Pemuaiian Luas

Dari persamaan (12.2), maka untuk perubahan luas:

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T \quad (12.4)$$

β = koefisien mulai luas, dan persamaan (12.4) dapat ditulis:

$$\beta = \frac{1}{A_0} \frac{\Delta A}{\Delta T} \quad (12.5)$$

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

$$\Delta A = A_t - A_0$$

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

ΔA = $A_t - A_0$ = perubahan luas (m^2)

A_0 = luas benda mula-mula (m^2)

A_t = luas benda setelah suhu dinaikkan (m^2)

ΔT = perubahan suhu = $T_2 - T_1$ ($^{\circ}\text{C}$)

β = koefisien mulai luas ($^{\circ}\text{C}$)⁻¹

c. Pemuaiian Ruang

Untuk perubahan volume:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \quad (12.6)$$

γ = koefisien muai volume, dan persamaan (12.6) dapat ditulis:

$$\gamma = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (12.7)$$

$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$ $\Delta V = V_t - V_0$ $V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$	$\Delta V = V_t - V_0 = \text{perubahan volume (m}^3\text{)}$ $V_0 = \text{volume benda mula-mula (m}^3\text{)}$ $V_t = \text{volume benda setelah suhu dinaikkan (m}^3\text{)}$ $\Delta T = \text{perubahan suhu} = T_2 - T_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $\gamma = \text{koefisien muai ruang (}^\circ\text{C)}^{-1}$
---	---

Bila suatu benda mempunyai dimensi l, b, t (panjang, lebar dan tinggi. $V = lbt$), maka akibat perubahan temperatur ΔT volumenya berubah menjadi:

$V + \Delta V$. Dengan menggunakan persamaan (10.2), maka:

$$\begin{aligned} V + \Delta V &= (l + \Delta l) (b + \Delta b) (t + \Delta t) \\ &= (l + \alpha l \Delta T) (b + \alpha b \Delta T) (t + \alpha t \Delta T) \\ &= lbt (1 + \alpha \Delta T)^3 \\ &= V [1 + 3\alpha \Delta T + (3\alpha \Delta T)^2 + (\alpha \Delta T)^3] \end{aligned}$$

Bila $\alpha \Delta T$ sangat kecil dibanding nilai ΔT maka $3(\alpha \Delta T)^2$ dan $(\alpha \Delta T)^3$ diabaikan. Dari pendekatan ini diperoleh:

$$\begin{aligned} V + \Delta V &= V [1 + 3\alpha \Delta T] \\ \Delta V &= 3\alpha V \Delta T \end{aligned} \quad (12.8)$$

Dari persamaan (12.6) dan (12.8) didapatkan:

$$\beta = 2\alpha \quad (12.9)$$

$$\gamma = 3\alpha \quad (12.10)$$

2. Pemuaiian Zat Cair

Zat cair hanya mempunyai muai ruang saja ($\gamma \neq 3\alpha$)

$V_1 = V_0 (1 + \gamma \Delta t)$	$V_0 = \text{volume zat cair mula-mula (m}^3\text{)}$ $V_t = \text{volume zat cair setelah suhu dinaikkan (m}^3\text{)}$ $\gamma = \text{koefisien muai ruang zat cair (}^\circ\text{C)}^{-1}$
-----------------------------------	--

3. Pemuaiian Gas

Gas juga hanya mempunyai muai ruang yang besarnya sama untuk semua jenis gas, yaitu:

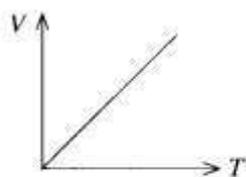
$$\text{gas } \gamma = \frac{1}{273^\circ \text{C}}$$

Pemuaiian gas ada 3 macam yaitu :

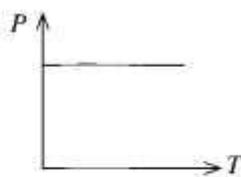
a. Pemuaiian gas pada tekanan tetap (proses isobarik), (Hukum Gay Lussac):

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	atau	$\frac{V}{T} = C$	$V = \text{volume gas (m}^3\text{)}$ $T = \text{suhu mutlak (K)}$
-------------------------------------	------	-------------------	--

Grafik V - T



Grafik P - T



b. Pemuasaan gas pada volume tetap (proses isokhorik)

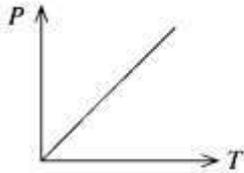
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

atau

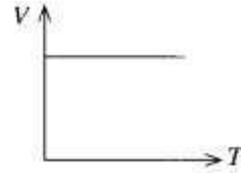
$$\frac{P}{T} = C$$

P = tekanan gas (N/m^2 atau Pa)

Grafik $P - T$



Grafik $V - T$



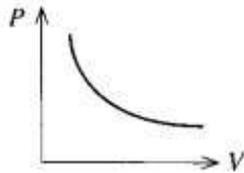
c. Pemuasaan gas pada suhu tetap (proses isothermis)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

atau

$$P V = C$$

Grafik $P - V$



D. Kalor (Panas)

1. Satuan kalor

Kalor didefinisikan sebagai sesuatu yang dipindahkan diantara sebuah sistem dan lingkungannya sebagai akibat adanya perbedaan temperatur. Kalor adalah suatu bentuk energi.

Satuan kalor adalah joule dan kalori. Hubungan antara joule dan kalori. Satu (1) kalori adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram air dari $14,5^\circ\text{C}$ sampai $15,5^\circ\text{C}$.

$$1 \text{ kalori} = 4,186 \text{ joule} \cong 4,2 \text{ joule}$$

$$1 \text{ joule} = 0,2389 \text{ kal} \cong 0,24 \text{ kalori}$$

2. Kapasitas Kalor

Kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur benda tergantung pada massa dan jenis benda.

Perbandingan antara banyaknya kalor ΔQ yang dibutuhkan oleh benda untuk menaikkan temperaturnya sebesar ΔT disebut kapasitas kalor.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (12.11)$$

Kapasitas kalor persatuan massa disebut kalor jenis.

$$c = \frac{\text{kapasitas kalor}}{\text{massa}} = \frac{C}{m} \quad (12.12)$$

Kapasitas kalor molar adalah kapasitas kalor per mol.

$$c' = \frac{C}{n} \quad (12.13)$$

- Kapasitas kalor gas adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu gas sebesar 1°C

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \rightarrow Q = C\Delta T$$

Q = kalor yang diperlukan (J), C = kapasitas kalor (J/K), ΔT = perubahan suhu (K)

- Kapasitas kalor ada dua, yaitu:
 - a. Kapasitas kalor gas pada tekanan tetap (C_p)

$$C_p = \frac{Q_p}{\Delta T} \rightarrow Q_p = C_p \Delta T$$

- b. Kapasitas kalor gas pada volume tetap (C_v)

$$C_v = \frac{Q_v}{\Delta T} \rightarrow Q_v = C_v \Delta T$$

- Hubungan C_p dengan C_v

$$C_p - C_v = nR \quad \text{atau} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

n = jumlah mol gas (mol). R = tetapan gas umum (8,31 J/mol K)

- Untuk Gas monoatomik (He, Ne, Ar)

$$C_v = \frac{3}{2} nR$$

$$C_p = \frac{5}{2} nR$$

- Untuk gas diatomik (H_2 , O_2 , N_2)

- Pada suhu rendah (± 250 K)

$$C_v = \frac{5}{2} nR$$

$$C_p = \frac{7}{2} nR$$

- Pada suhu sedang

$$C_v = \frac{7}{2} nR$$

$$C_p = \frac{9}{2} nR$$

- Pada suhu tinggi

$$C_v = \frac{9}{2} nR$$

$$C_p = \frac{11}{2} nR$$

3. Pengaruh kalor terhadap suatu benda :

- a. Dapat merubah suhu benda, yang dinyatakan dengan persamaan.

$$Q = mc\Delta T \tag{12.14}$$

Dimana:

m = massa benda (kg)

c = kalor jenis benda (J/kg $^{\circ}\text{C}$)

$\Delta T = T_2 - T_1$ = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Q = kalor yang diterima/dilepas oleh benda (joule atau kal)

b. Dapat merubah wujud benda

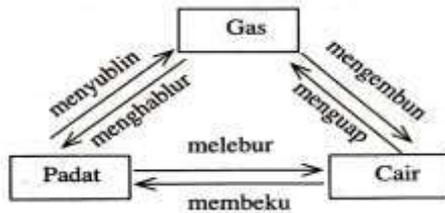
1) Pada saat terjadi perubahan wujud zat, suhu benda selalu tetap. Besar kalor yang diperlukan, yaitu:

$$Q = mL \quad (12.15)$$

Dimana:

m = massa benda (kg); L = kalor laten (joule/kg)

2) Wujud zat ada 3, yaitu: padat, cair, dan gas



Melepaskan kalor: mengembun, membeku, menghablur (gas → padat)

Menyerap kalor: menguap, melebur, menyublim (padat → gas)

E. Azas Back

Menurut azas Black, kalor yang dilepas sama dengan kalor yang diterima. Asas ini sekadar ungkapan tentang hukum kekekalan energi. Kalor yang dilepas oleh benda yang bersuhu lebih tinggi sama dengan kalor yang diterima oleh benda yang bersuhu lebih rendah. Hal ini dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \quad (12.16)$$

F. Perpindahan Kalor

1. Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah perpindahan kalor di mana zat perantaranya tidak ikut berpindah. Konduksi terjadi pada zat padat

Besar kalor yang merambat per satuan waktu, secara matematis dirumuskan sebagai:

$$H = \frac{K A \Delta T}{\ell} \quad (12.17)$$

Dimana:

H = kalor yang mengalir pada penghantar tiap waktu (J/det)

k = koefisien konduksi (konduktivitas termal) (J/mdet °C)

A = luas permukaan benda (m^2)

$\Delta T = T_1 - T_2$ = perubahan suhu ($T_1 > T_2$) (°C)

ℓ = panjang benda (m)

2. Konveksi

Adalah perpindahan kalor di mana zat perantara ikut berpindah akibat adanya perbedaan rapat massa. Perpindahan kalor secara konveksi terjadi pada fluida (zat cair dan gas). Besar kalor yang mengalir tiap satuan waktu secara matematis dirumuskan sebagai:

$$H = h A \Delta T \quad (12.18)$$

Dimana:

H = kalor yang mengalir tiap satuan waktu (J/det)

h = koefisien konveksi thermal (joule/m² °C)

A = luas permukaan fluida (m²)

ΔT = perubahan (°C)

3. Radiasi

Adalah perpindahan kalor secara pancaran, dalam bentuk gelombang elektromagnetik, seperti energi yang dipancarkan oleh matahari.

Besar energi yang dipancarkan berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya, secara matematis dirumuskan sebagai:

$$W = e\sigma T^4 \quad (12.19)$$

Dimana:

W = intensitas radiasi (W/m²)

e = emisivitas ($0 < e < 1$). Benda hitam sempurna $e = 1$

σ = tetapan Stefan-Boltzmann ($5,6 \times 10^{-8}$ W/m² K⁴)

T = suhu mutlak (K)

Tabel 12.1. Harga rerata kapasitas panas jenis dan kapasitas panas molar beberapa logam

Logam	(jenis) \bar{c}_p , kal g ⁻¹ (°C) ⁻¹	Daerah suhu (°C)	M, g mol ⁻¹	(jenis), C_p kal g ⁻¹ (°C) ⁻¹
Aluminium	0,217	17 – 100	27,0	5,86
Berillium	0,470	20 – 100	9,01	4,24
Besi	0,113	18 – 100	55,9	6,31
Perak	0,056	15 – 100	108	6,05
Raksa	0,033	0 – 100	201	6,64
Tembaga	0,093	15 – 100	63,5	5,90
Timbal	0,031	20 – 100	207	6,42

Tabel 12.2. Harga konduktivitas termal beberapa logam

Logam	k, cal s ⁻¹ cm ⁻¹ (°C) ⁻¹	Logam	k, cal s ⁻¹ cm ⁻¹ (°C) ⁻¹
Aluminium	0,49	Raksa	0,020
Kuningan	0,26	Perak	0,97
Tembaga	0,92	Baja	0,12
Timah hitam	0,083	-	-

G. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Berapakah banyak kalor yang diperlukan untuk memanaskan 50 gram air. Bejana dan air diberi kalor sebesar 920 kalori. Bila kenaikan suhu air dan bejana 10°C dan kalor jenis air $1 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, hitunglah kalor jenis aluminium.

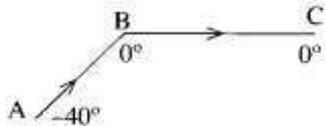
Penyelesaian :

$$\begin{aligned} Q_{\text{lepas}} &= Q_{\text{terima}} \\ &= Q_{\text{al}} + Q_{\text{air}} \\ &= m_1 c_1 \Delta T + m_2 c_2 \Delta T \\ 920 &= (200) (c_1) (10) + (50) (10) (10) \\ &= 2.000 c_1 + 500 \\ c_1 &= \frac{420}{2.000} = 0,21 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

2. Setengah kilogram es suhunya -40°C dipanaskan sampai tempat seluruhnya melebur. Berapakah kalor yang diperlukan oleh es bila $c_{\text{es}} = 0,5 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$ dan kalor lebur es $= 80 \text{ kal/g}$:

Penyelesaian :

Proses yang dialami dinyatakan dalam bentuk grafik



$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{AB}} + Q_{\text{BC}} \\ &= m c_{\text{es}} (0^{\circ} - (-40^{\circ})) + mL_{\text{es}} \\ &= (500) (0,5) (40) + (500) (80) \\ &= 10.000 \text{ kal} + 40.000 \text{ kal} = 50.000 \text{ kal} \end{aligned}$$

3. Pada suhu 20°C volume tabung kaca 200 cm^3 . Tabung diisi penuh raksa. Berapa cm^3 air raksa yang tumpah bila dipanaskan sampai suhu 120°C ? Koefisien muai panjang kaca $3 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ dan koefisien muai ruang raksa $54 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

Penyelesaian :

Perubahan suhu tabung dan raksa adalah :

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 120^{\circ} - 20^{\circ} = 100^{\circ}\text{C}$$

Untuk kaca:

$$\begin{aligned} V_k &= V_0 (1 + \gamma \Delta T) = V_0 (1 + 3\alpha \Delta t) \\ &= 200 (1 + 3) (3 \times 10^{-5}) (100) \\ &= 200 (1 + 9 \times 10^{-3}) = 200 (1,009) = 201,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Untuk raksa

$$\begin{aligned} V_r &= V_0 (1 + \gamma \Delta t) \\ &= 200 (1 + (54 \times 10^{-5}) (100)) \\ &= 200 (1 + 54 \times 10^{-3}) = 200 (1 + 0,054) = 210,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Banyak air raksa yang tumpah:

$$\begin{aligned} \Delta V &= v_r + V_k \\ &= 210,8 - 201,8 = 9,0 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

4. Suatu jenis gas menempati volume 100 cm^3 pada suhu 27°C dan tekanan 1 atm . Bila suhunya naik menjadi 87°C sedangkan tekanan 2 atm , hitunglah volume gas sekarang

Penyelesaian :

Suhu harus dinyatakan dalam satuan kelvin.

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 87 + 273 = 360 \text{ K}$$

Gunakan hukum Gay Lussac

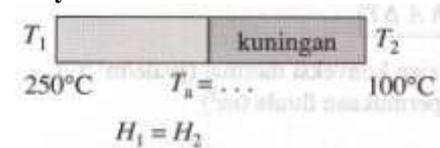
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{(1 \text{ atm})(100 \text{ cm}^3)}{300 \text{ K}} = \frac{(2 \text{ atm})V_2}{360 \text{ K}}$$

$$\text{Di dapatkan } V_2 = 60 \text{ cm}^3$$

5. Batang baja dan kuningan luas penampang dan panjangnya sama saling 100°C . Jika koefisien konduksi thermal baja dan kuningan masing-masing $0,12 \text{ kal/cm s }^{\circ}\text{C}$ dan $0,24 \text{ kal/cm s }^{\circ}\text{C}$, hitunglah suhu pada sambungannya.

Penyelesaian :



$$\frac{k_1 A_1 \Delta T_1}{\ell_1} = \frac{k_2 A_2 \Delta T_2}{\ell_2}$$

$$0,12 (T_1 - T_a) = 0,24 (T_a - T_2)$$

$$(250^{\circ} - T_a) = 2 (T_a - 100^{\circ})$$

$$3T_a = 450^{\circ} \rightarrow T_a = 150^{\circ}\text{C}$$

H. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

1. Nilai suhu yang sama ditunjukkan oleh termometer Celsius dan Fahrenheit adalah ...
 - a. 40°
 - b. 20°
 - c. -40°
 - d. -20°
 - e. -32°
2. Sebuah termometer menunjukkan air membeku pada suhu 20° dan mendidih pada suhu 100° . Suhu 30°C pada termometer Celsius akan ditunjukkan sebagai ... pada termometer tersebut.
 - a. 22°
 - b. 25°
 - c. 26°
 - d. 44°
 - e. 48°
3. Perhatikan tabel koefisien muai panjang logam di bawah ini!

No.	Koefisien Panjang (α)
1.	$1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
2.	$2,6 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
3.	$9,6 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
4.	$4,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
5.	$1,1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

Jika pada temperatur kamar panjang awal keempat logam sama. Logam yang terpanjang saat dipanaskan adalah logam dengan nomor ...

 - a. (1)
 - b. (2)
 - c. (3)
 - d. (4)
 - e. (5)
4. Koefisien muai panjang aluminium adalah $2,6 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. Panjang awal aluminium adalah 10 m pada suhu kamar (25°C). Jika aluminium dipanaskan dari suhu kamar hingga 75°C , maka pertambahan panjangnya adalah ...
 - a. 1,3 cm
 - b. 2,6 cm
 - c. 0,13 cm
 - d. 0,26 cm
 - e. 13 cm
5. Udara di dalam ruangan yang ber-AC dapat terasa sejuk di setiap sudut ruangan walau tidak terkena AC secara langsung. Hal tersebut terjadi secara ...
 - a. Radiasi
 - b. Adhesi
 - c. Konduksi
 - d. Kohesi
 - e. Konveksi
6. Zat cair yang massanya 5 kg dipanaskan dari suhu 20°C hingga 70°C . panas dibutuhkan pada pemanasan tersebut adalah 2×10^5 J. kalor jenis zat tersebut adalah ...
 - a. $1.000 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - b. $800 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - c. $600 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - d. $400 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - e. $200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
7. Suatu zat mempunyai kalor jenis tinggi, maka zat itu ...
 - a. Lambat mendidih
 - b. Cepat mendidih
 - c. Lambat melebur
 - d. Lambat naik suhunya jika dipanaskan
 - e. Cepat naik suhunya jika dipanaskan
8. Sebongkah logam dengan kalor jenis $1.100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ dan massa 50 g yang bersuhu 120°C dicelupkan ke dalam air (kalor jenis $4.200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) bersuhu 20°C . jika massa air adalah 200 g, suhu akhir campuran tersebut adalah ...
 - a. 25°C
 - b. 30°C
 - c. 40°C
 - d. 45°C
 - e. 50°C
9. 100 g es pada 0°C dimasukkan ke dalam 300 g air pada suhu 40°C . jika kalor lebur es 80 kal/g dan kalor jenis air 1 kal/g, suhu akhir campuran adalah ...
 - a. 10°C
 - b. 12°C
 - c. 14°C
 - d. 15°C
 - e. 16°C
10. Titik didih suatu zat dipengaruhi oleh ...
 - (1) Tekanan pada permukaan
 - (2) Massanya
 - (3) Jenis zat
 - (4) Volumennya
 - a. (1), (2), dan (3)
 - b. (1) dan (3)
 - c. (2) dan (4)
 - d. (4) saja
 - e. Semua benar

• **Essay:**

1. Jika 200 cm^3 teh pada suhu $95 \text{ }^\circ\text{C}$ dimasukkan ke dalam 150 gram cangkir gelas yang temperatur mula-mula $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Berapa temperatur akhir untuk kedua campuran pada saat kesetimbangan dicapai? (asumsi tidak ada kalor yang mengalir dari lingkungan luar)
2. Tentukan kandungan kalori dari suatu jenis kue dengan massa 100 gram, pada pengukuran-pengukuran berikut ini. 10 gram sampel kue dibiarkan mongering sebelum ditempatkan didalam wadah. Wadah alumunium mempunyai massa 0,615 kg dan ditempatkan di dalam 2,00 kg air di dalam kalorimeter dengan massa 0,524 kg. Temperatur mula-mula dari campuran tersebut adalah $15 \text{ }^\circ\text{C}$ dan temperature setelah pemanasan adalah $36,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Berapa besar energi yang dibutuhkan oleh lemari pendingin untuk membuat 1,5 kg air dari $20 \text{ }^\circ\text{C}$ menjadi es pada $-12 \text{ }^\circ\text{C}$?
4. Penyebab utama kehilangan kalor pada sebuah rumah adalah jendela. Hitunglah jumlah kalor persatuan waktu yang mengalir melalui suatu kaca jendela seluas $2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ dan setebal 3,2 mm, jika temperature-temperature pada permukaan dalam kaca dan permukaan luar kaca masing-masing adalah $15,0 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $14,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
5. Seorang atlet sedang duduk tanpa pakaian di dalam ruangan dengan dinding gelap yang temperature $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Hitunglah jumlah kalor yang diradiasikan persatuan waktu, dengan asumsi bahwa temperatur kulit orang tersebut $34 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $e = 0,70$. Misalkan luas permukaan tubuh orang tersebut yang tidak bersentuhan dengan kursi adalah $1,5 \text{ m}^2$.

I. Glosarium

Azas Back azas yang menyatakan bahwa kalor yang dilepas oleh benda yang bersuhu lebih tinggi sama dengan kalor yang diterima oleh benda yang bersuhu lebih rendah

Kalori jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperature 1 gram air sebanyak $1 \text{ }^\circ\text{C}$. satuan internasional untuk kalori adalah *joule*. $1 \text{ kalori} = 4,186 \text{ joule}$.

Kalorimeter. Alat untuk menentukan kalor jenis suatu zat.

Kalorimetri. Prinsip pengukuran kuantitatif dari pertukaran kalor.

Kalor jenis. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk dilepaskan setiap kilogram massa untuk menaikkan/menurunkan suhu satu Kelvin atau satu derajat Celcius.

Kalor beku. Kalor yang dilepaskan untuk mengubah wujud 1 kg zat cair menjadi padat.

Kalor didih. Kalor dibutuhkan 1 kg air untuk mendidih dan menjadi uap.

Kalor embun. Kalor yang dilepaskan untuk mengubah wujud 1 kg uap menjadi cair pada titik leburnya.

Kalor lebur. Kalor dibutuhkan untuk mengubah wujud 1 kg zat padat menjadi cair pada titik leburnya.

Kalor uap. Kalor dibutuhkan untuk mengubah wujud 1 kg zat cair menjadi uap pada titik didihnya.

Kapasitas kalor. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar 1 Kelvin. Kapasitas kalor juga disebut harga air.

Kapasitas panas jenis. Energi yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari massa suatu zat tertentu sebesar satu derajat.

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu dengan satuan derajat.

Titik Triplet Air. Suatu titik dimana fase uap, cair dan padat berada bersama-sama dalam keadaan setimbang.

J. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- Bramasti, Rully. (2012). *Kamus Fisika*. Surakarta: Aksara Sinergi Media.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1983). *Seri Fisika: Fisika Dasar – Listrik Magnet dan Termofisika Listrik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tan Ik Gie, dkk. (1998). *Diktat Fisika Dasar – 1*. Jakarta: EIUDP – CIDA.

BAB 13

TEORI KINETIK GAS

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
20.	Mendiskripsikan sifat-sifat gas ideal monoatomik	<ul style="list-style-type: none">• Memformulasikan hukum Boyle-Gay Lussac• Menggunakan persamaan keadaan gas ideal• Menerapkan persamaan keadaan gas ideal dalam kehidupan sehari-hari	<ul style="list-style-type: none">• Gas Ideal
21.	Menganalisis perubahan keadaan gas ideal	<ul style="list-style-type: none">• Memformulasikan tekanan gas dari sifat mikroskopik gas• Memformulasikan energi kinetik dan kecepatan rata-rata partikel gas• Memformulasikan teorema ekipartisi energi	<ul style="list-style-type: none">• Tekanan dan Energi Kinetik menurut teori kinetik gas

13. TEORI KINETIK GAS

A. Pengertian

- Teori Kinetik yaitu teori yang menjelaskan sifat mekanika gas yang tersusun atas sejumlah besar atom-atom atau molekul-molekul penyusunnya. Dalam teori kinetik gas digunakan metode yang sifatnya agak fisis dengan cara matematis yang relatif sederhana dalam membahas tekanan, temperatur dan energi tingkat atom.
- Gas ideal adalah keadaan gas yang dianggap sempurna, sehingga dapat diterapkan teori kinetik gas dan persamaan gas ideal.

B. Gas Ideal

1. Ciri dan Sifat Gas Ideal

Ciri-ciri dari gas adalah tekanan rendah, suhu tinggi, dan memenuhi Hukum Boyle, Hukum Charles dan Gay – Lussac.

Sifat-sifat gas ideal:

- a. Gas terdiri dari sejumlah partikel yang sangat banyak dan disebut molekul.
- b. Molekul-molekul ini bergerak secara acak dan memenuhi hukum-hukum gerak Newton.
- c. Volume molekul-molekul dapat diabaikan terhadap volume bejana yang ditempati gas tersebut.
- d. Tidak ada gaya-gaya yang berarti pada molekul-molekul kecuali selama terjadi tumbukan. Jadi, selama tidak terjadi tumbukan molekul bergerak dengan kecepatan tetap. ($v_x = v_y = v_z$)
- e. Tumbukan-tumbukan yang terjadi antar molekul atau dengan dinding bejana adalah elastik (lenting) sempurna dan terjadi dalam waktu yang sangat singkat.

2. Persamaan Gas Ideal

Sejumlah gas yang massanya nM (n adalah jumlah mol dan M adalah berat molekular) dalam sebuah wadah yang volumenya V dan temperatur T . Pada kerapatan yang cukup rendah semua gas cenderung memperlihatkan hubungan yang sederhana antara variabel-variabel termodinamika P, V, T :

- (a) Untuk sejumlah massa tertentu, bila temperturnya tetap, maka tekanan berbanding terbalik dengan volume (Hukum Boyle).
- (b) Untuk sejumlah massa tertentu, bila tekanannya tetap, maka volume berbanding terbalik langsung dengan temperature (Hukum Charles dan Gay – Lussac).

Dari kedua kondisi tersebut dapat dituliskan hubungan:

$$\frac{PV}{T} = C$$

Ternyata $\frac{PV}{T}$ sebanding dengan massa gas, berarti sebanding juga dengan jumlah mol, jadi:

$$\frac{PV}{T} = nR \tag{13.1}$$

R disebut konstanta gas umum dan mempunyai nilai yang sama untuk semua gas pada tekanan rendah yaitu:

$$R = 8,314 \text{ J/mol K} = 1,986 \text{ kal/mol K}$$

Persamaan (13.1) dapat ditulis:

$$PV = nRT \tag{13.2}$$

Persamaan (13.2) adalah definisi makroskopik gas ideal, yaitu gas yang memenuhi hubungan di atas pada semua keadaan. Gas sempurna ialah gas yang perbandingan PV/nT -nya didefinisikan sama dengan R pada tiap besar tekanan. Dengan kata lain, gas sempurna pada tiap besar tekanan bertabiat sama seperti tabiat gas sejati pada tekanan rendah. Oleh karenanya persamaan (13.2) dikenal sebagai persamaan gas ideal.

$$PV = nRT \text{ atau } PV = NkT$$

Dimana:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{N}{N_0} \text{ (mol), } m = \text{massa (gram)}$$

$$P = \text{tekanan gas (N/m}^2 = \text{Pa)}$$

$$M_r = \text{massa atom relative (g/mol)}$$

$$V = \text{volume gas (m}^3\text{)}$$

$$N = \text{banyaknya partikel}$$

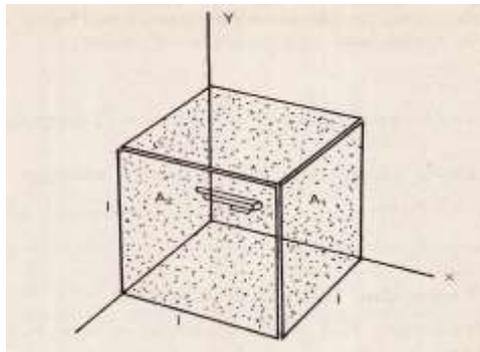
$$T = \text{suhu mutlak (K)}$$

$$N_0 = 6,02 \times 10^{23} = \text{bilangan Avogadro}$$

$$k = \text{tetapan Boltzmann (} 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K)}$$

$$R = \text{tetapan gas umum (} 8,3 \times 10^{-3} \text{ J/mol K)}$$

3. Tekanan Gas Ideal



Gambar 13.1. gas ideal dalam kubus bersisi l

Tinjau gas ideal dalam bejana yang berbentuk kubus bersisi l . Sebuah partikel bermassa m bergerak ke arah sumbu- x dengan kecepatan v_x dan menumbuk dinding A_1 . Karena tumbukannya elastic sempurna, maka partikel dipantulkan dengan kecepatan $-v_x$. Jadi, perubahan momentum yang dialami partikel $-2m v_x$ dan momentum yang diberikan kepada dinding A_1 adalah $2m v_x$. Jika partikel bergerak dari A_1 kembali lagi ke A_1 serta sepanjang jalan A_2 tidak terjadi tumbukan dengan partikel lain, maka waktu yang diperlukan $2l/v_x$. Jadi, jumlah tumbukan persatuan waktu adalah $V_x/2l$ dan momentum persatuan waktu yang dipindahkan oleh partikel ke A_1 :

$$2mv_x \frac{v_x}{2l} = \frac{mv_x^2}{l}$$

Dari rumus $F = \frac{d(mv)}{dt}$ dan $P = \frac{F}{A} = \frac{F}{l^2}$, maka untuk N partikel diperoleh:

$$P = \frac{m}{l^3} (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2)$$

Jika n_v adalah jumlah partikel persatuan volume, maka $n_v = N/l^3$ atau $l^3 = N/n_v$ sehingga:

$$P = mn_v \frac{(v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots + v_{xN}^2)}{N}$$

mn_v adalah massa per satuan volume yaitu ρ dan $(v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2 + \dots + v_{x_N}^2)/N$ adalah nilai rata-rata dari v_x^2 , maka:

$P = \frac{1}{3} \rho \bar{v}_x^2$, tiap partikel bergerak dengan $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ dengan v_x^2 , v_y^2 , dan v_z^2 dalam sama karena simetri, sehingga:

$\bar{v}_x^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2$ maka:

$$P = \rho \bar{v}_x^2 = \rho \frac{1}{3} \bar{v}^2 \quad (13.3)$$

Atau dapat juga ditulis sebagai:

$$\boxed{P = \frac{1}{3} \frac{N m \bar{v}^2}{V}} \quad \text{atau} \quad \boxed{P = \frac{2}{3} \frac{N m \bar{E}_k}{V}}$$

Dimana:

P = tekanan gas (Pa)

m = massa sebuah gas ideal (kg)

\bar{v}^2 = rata-rata kuadrat kecepatan (m^2/det^2)

V = volume gas (m^3)

N = banyaknya partikel

\bar{E}_k = energi kinetik rata-rata per molekul (joule).

4. Energi Gas Ideal

Apabila persamaan (13.3) dikalikan dengan volume V , maka didapatkan:

$$PV = \rho \frac{1}{3} \bar{v}^2 V \quad (13.4)$$

Bila n adalah jumlah mol dan M adalah berat molekuler, maka persamaan (13.4) dapat ditulis:

$$PV = \frac{1}{3} nM \bar{v}^2$$

Atau

$$PV = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} nM \bar{v}^2 \right)$$

Persamaan keadaan gas ideal:

$$- PV = n R T$$

Dengan membandingkan kedua persamaan tersebut, maka didapatkan:

$$\frac{1}{2} M \bar{v}^2 = \frac{3}{2} R T \quad (13.5)$$

Persamaan (13.5) adalah energi kinetik translasi total per mol dari molekul-molekul suatu gas ideal sebanding dengan temperatur. Sekaligus merupakan definisi temperatur gas ditinjau dari segi mikroskopik. Bila persamaan (13.5) dibagi dengan bilangan Avogadro, N_o , maka:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{M}{N_o} \right) \bar{v}^2 = \frac{3}{2} \left(\frac{R}{N_o} \right) T$$

Bila $M/N_o = m$ adalah massa sebuah molekul tunggal dan $R/N_o = k$ = konstanta Boltzman, maka diperoleh:

- Energi Kinetik Rata-rata:

$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k T \quad (13.6)$$

Atau dapat juga ditulis sebagai:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

\bar{E}_k = energi kinetik rata-rata (J)

k = tetapan Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)

T = suhu mutlak (K)

$$\text{Dengan, } k = \frac{R}{N_o} = \frac{8,314 \frac{J}{mol} K}{6,023 \times 10^{23} \text{ molekul /mol}} = 1,380 \times 10^{-23} \frac{J}{\text{molekul}} K$$

- Energi Kinetik Gas Ideal:

$$E_k = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} NkT$$

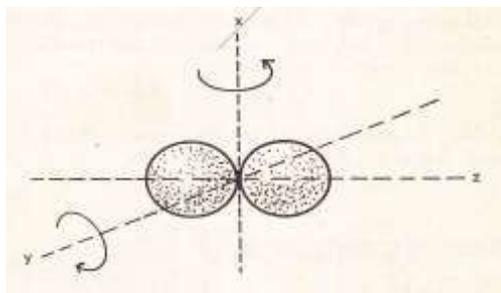
E_k = energi kinetik total gas (joule)

- Hubungan E_k dengan \bar{E}_k

$$\bar{E}_k = \frac{E_k}{N} \quad \text{Atau} \quad E_k = N \bar{E}_k$$

5. Ekipartisi Gas Ideal

Telah diketahui bahwa untuk gas beratom tunggal, $\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$. Untuk gas yang beratom dua, selain bergerak translasi juga berotasi serta bergetar (vibrasi). Misalkan molekul berada pada kedudukan seperti pada Gambar 13.2.



Gambar 13.2. Molekul gas bertom dua

Molekul dapat berputar terhadap sumbu-x dan sumbu-y. energy kinetic rotasinya $\frac{1}{2} I_x \omega_x^2$ dan $\frac{1}{2} I_y \omega_y^2$ sedang energi kinetik terhadap sumbu-z diabaikan sebab momen kelembamannya, I_z , kecil sekali. Akan tetapi molekul bergetar pada sumbu ini dengan energi potensial $\frac{1}{2} kZ^2$ dan energy kinetiknya $\frac{1}{2} mv^2$. Jadi untuk satu molekul:

$$E = \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) + \frac{1}{2} I (\omega_x^2 + \omega_y^2) + \frac{1}{2} kZ^2 + \frac{1}{2} mv^2$$

Menurut ekipartisi energi: energi setiap suku yang berbentuk kuadrat variabel adalah $\frac{1}{2} kT$. Jadi:

$$E = \frac{7}{2} kT \quad (13.7)$$

Energi pada persamaan (13.6) dan (13.7) disebut energi rata-rata 1 molekul, dan energi dalam gas total Energi dalam ideal merupakan hasil kali jumlah molekul gas dengan energi kinetik rata-rata adalah:

$$U = NE_k = \frac{7}{2}kT$$

6. Kecepatan Rerata Gas Ideal

a. Untuk gas monoatomik

$$U = \frac{3}{2}NkT$$

Atau

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

b. Untuk gas diatomik

• Padat

$$U = \frac{3}{2}NkT$$

• Pada suhu sedang

$$U = \frac{5}{2}NRT$$

• Pada suhu tinggi

$$U = \frac{7}{2}NkT$$

C. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sepuluh liter gas ideal suhunya 127°C mempunyai tekanan 165,6 N/m². Hitunglah banyaknya partikel gas tersebut.

Penyelesaian:

Harus diangkat bahwa suhu untuk soal-soal teori Kinetik Gas dan Termodinamika selalu dalam satuan Kelvin.

$$T = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

Gunakan persamaan $PV = NkT$

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{(165,6)(10^{-2})}{(1,38 \times 10^{-23})(400)} = 3 \times 10^{19} \text{ buah}$$

2. Sebuah tangki memiliki volume 0,3 m³ dan berisi 2 mol gas helium bersuhu 27°C. hitunglah

a. Energy kinetic rata-rata gas ideal

b. Energy kinetic total gas ideal

Penyelesaian:

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } \bar{E}_k &= \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}(1,38 \times 10^{-23})(300) \\ &= 6,21 \times 10^{-21} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{b. } n = \frac{N}{N_0} \rightarrow 2 = \frac{N}{6,02 \times 10^{23}}$$

$$N = 12,04 \times 10^{23}$$

$$Ek_{\text{tot}} = N\bar{E}_k$$

$$Ek_{\text{tot}} = (12,04 \times 10^{23})(621 \times 10^{-23})$$

$$Ek_{\text{tot}} = 7,48 \times 10^3 \text{ J}$$

3. tekanan gas ideal dalam bejana tertutup turun menjadi 36% dari keadaan semula. Berapa penurunan kelajuan molekul gas jika kelajuan mula-mulanya 400 m/s?

Penyelesaian :

Dari persamaan $P = \frac{1}{2} \frac{Nm \bar{v}^2}{V}$, diperoleh perbandingan berikut.

$$P_1 : P_2 = \bar{v}_1^2 : \bar{v}_2^2$$

Sehingga

$$P_1 : 0,36 P_1 = (400)^2 : \bar{v}_2^2$$

$$\bar{v}_2^2 = 0,36 \cdot (400)^2 = 240 \text{ m/s}$$

$$\Delta \bar{v} = \bar{v}_1 - \bar{v}_2 = 400 \text{ m/s} - 240 \text{ m/s} = 160 \text{ m/s}$$

D. Soal-Soal Latihan

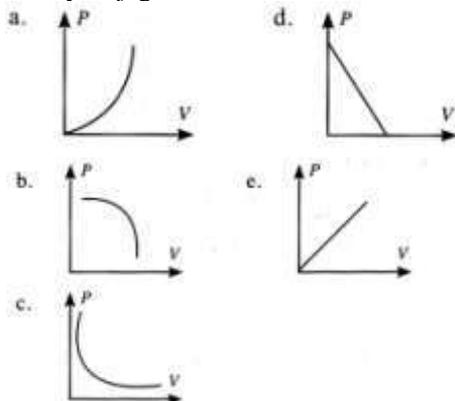
• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

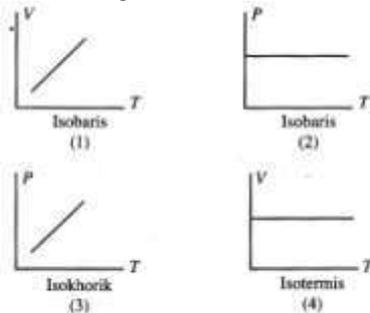
1. Sejumlah gas ideal dipanaskan dalam sebuah selinder berpenghisap pada tekanan tetap, maka:
- Volume gas bertambah
 - Tekanan gas konstan
 - Volume dan temperature berbanding lurus
 - Massa gas konstan

Pernyataan yang benar adalah ...

- (1), (2), dan (3)
 - (1) dan (3)
 - (2) dan (4)
 - (4) saja
 - Semua benar
2. Dua mol has N_2 pada suhu $27^\circ C$ memiliki tekanan 1 atm. Maka volume gas tersebut adalah ...
- $5 \times 10^{-2} m^3$
 - $4 \times 10^{-2} m^3$
 - $3 \times 10^{-2} m^3$
 - $2 \times 10^{-2} m^3$
 - $10^{-2} m^3$
3. Tekanan gas pada ruang tertutup ...
- Sebanding dengan kecepatan rata-rata partikel gas
 - Sebanding dengan energy kinetic rata-rata partikel gas
 - Tidak bergantung pada banyaknya partikel gas
 - Berbanding terbalik dengan volume gas
 - Pernyataan a, b, dan d benar
4. Grafik yang menyatakan hubungan antara tekanan (P) dan volume (V) dari suatu gas ideal yang suhunya dijaga konstan adalah ...



5. Perhatikan gambar di bawah ini!

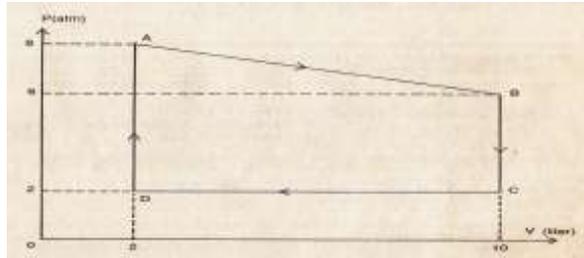


Grafik yang benar tentang gas ideal adalah ...

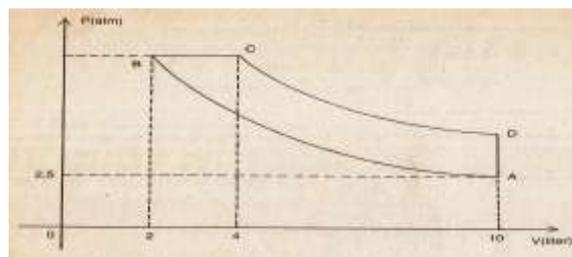
- (1), (2), dan (3)
 - (1) dan (3)
 - (2) dan (4)
 - (4) saja
 - Semua benar
6. Kelajuan suatu partikel gas ideal pada suhu T Kelvin adalah v , jika suhu diturunkan hingga menjadi $\frac{1}{4}T$. kelajuannya akan menjadi ...
- $\frac{1}{4}v$
 - $\frac{1}{2}v$
 - v
 - $2v$
 - $4v$
7. Pada tekanan P suatu partikel gas ideal memiliki kelajuan v . pada tekanan $4P$ dan suhu yang sama, kelajuannya adalah ...
- $\frac{1}{4}v$
 - $\frac{1}{2}v$
 - v
 - $2v$
 - $4v$
8. dua partikel gas ideal dengan massa molekul masing-masing M_a dan M_b . jika partikel a dan b berturut-turut memiliki kelajuan $2v$ dan $3v$, maka $M_a : M_b$ pada suhu yang sama adalah ...
- 9 : 4
 - 3 : 2
 - 1 : 1
 - 2 : 3
 - 4 : 9
9. Gas ideal menempati sebuah tabung yang bocor dengan volume $0,6 m^3$. Gas tersebut tidak keluar dari tabung karena suhu dan tekanannya sama dengan suhu dan tekanan lingkungan. Jika gas dalam tabung dipanaskan dari suhu $27^\circ C$ hingga $77^\circ C$, berapakah volume gas yang keluar dari dalam tabung?
- $0,5 m^3$
 - $0,4 m^3$
 - $0,3 m^3$
 - $0,2 m^3$
 - $0,1 m^3$
10. Kecepatan partikel suatu gas ideal pada suhu $87^\circ C$ adalah v , jika suhunya turun hingga $18,6^\circ C$ maka kecepatan partikel tersebut menjadi ...
- $0,81v$
 - $0,9v$
 - $0,3v$
 - $0,4v$
 - $0,2v$

- **Essay:**

1. Gambar di bawah ini adalah diagram P – V gas ideal yang massanya 50 gram. Suhu pada keadaan A adalah 227 °C dan $C_v = 0,15$ kalori/gram K. tentukan: (a) suhu pada keadaan B. (b) perubahan energi pada proses A ke B. (c) kerja dan panas pada proses A ke B. (d) kerja total yang dilakukan pada siklus ABCDA.



2. Sebuah mesin dengan bahan gas ideal mempunyai siklus seperti gambar berikut. Gas tersebut mula-mula mempunyai volume 10 liter, tekanan 2,5 atmosfer dan suhunya 300 K. Secara adiabatik volumenya diubah menjadi 2 liter, kemudian secara isobaris volumenya diubah menjadi 4 liter, akhirnya kembali ke volume semula secara adiabatik dan secara isovolume. Bila $\gamma = 1,5$. Tentukanlah: (a) kerja tiap-tiap proses. (b) panas yang diserap dan yang dibuang pada siklus tersebut. (c) efisiensi mesin. (d) perubahan entropi pada tiap-tiap proses. (e) perubahan energi pada tiap-tiap proses.



E. Glosarium

Energi Kinetik Gas. Energi yang dihasilkan oleh gerak translasi molekul-molekul gas. Energi dalam gas merupakan energy kinetik gas tersebut.

Gas ideal adalah gas dengan ciri-ciri tekanan rendah, suhu tinggi, dan memenuhi Hukum Boyle-Gas Lussac. Keadaan gas yang dianggap sempurna, sehingga kepadanya dapat diterapkan teori kinetik gas dan persamaan gas ideal.

Gas diatomik. Gas yang molekulnya terdiri atas dua atom, misalnya hydrogen (H_2), oksigen (O_2), nitrogen (N_2) dan sebagainya.

Gas poliatomik. Gas yang molekulnya terdiri atas banyak atom (tiga atau lebih). Misalnya karbon dioksida (CO_2).

Kapasitas kalor gas adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu gas sebesar $1^\circ C$.

Prinsip ekuipartisi energi. Prinsip yang menyatakan bahwa gas yang berada di dalam ruang tertentu merupakan kumpulan dari partikel gas yang memiliki tekanan, energi dan kecepatan gerak yang sama.

F. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid I*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetio and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1983). *Seri Fisika: Fisika Dasar – Listrik Magnet dan Termodinamika Listrik*. Bandung: Penerbit ITB.

BAB 14

TERMODINAMIKA

NO.	KOMPETENSI DASAR	INDIKATOR	MATERI POKOK
22.	Menganalisis dan menerapkan Hukum-hukum Termodinamika.	<ul style="list-style-type: none">• Menganalisis keadaan gas berdasarkan diagram P-V, P-T dan V-T• Mengaplikasikan Hukum-hukum Termodinamika pada masalah fisika sehari-hari• Menunjukkan minat dalam kuliah	Termodinamika <ul style="list-style-type: none">• Teori Kinetik Gas• Persamaan keadaan gas• Hukum-hukum Termodinamika• Siklus Termodinamika

14. TERMODINAMIKA

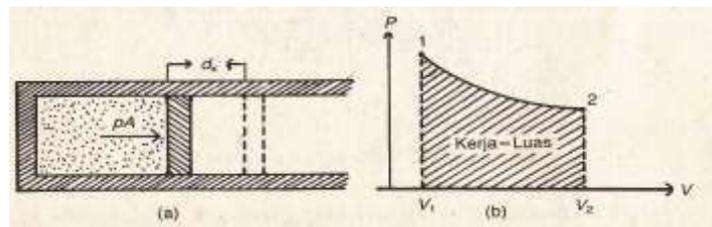
A. Pengertian

- Termodinamika adalah ilmu yang membahas tentang suhu, kalor dan usaha mekanik pada (sistem).
- Sistem adalah sembarang benda atau sekumpulan benda (sejumlah gas) yang terdapat dalam wadah yang dapat ditinjau.
- Lingkungan adalah segala sesuatu yang lain diluar sistem.
- Sistem tertutup adalah sistem yang mempunyai massa konstan. Terisolasi adalah sistem tertutup, dimana tidak ada energy yang keluar melewati batas-batasnya.
- Sistem terbuka adalah sistem dimana massa dapat masuk atau keluar sistem.
- Kalor berbeda dengan usaha. Kalor didefinisikan sebagai perpindahan energi oleh karena perbedaan temperatur, sedangkan usaha dihasilkan oleh perpindahan energi bukan karena perbedaan temperatur.

B. Kerja dan Hukum I Termodinamika

1. Kerja

Perhatikan Gambar 14.1. Sebuah tabung dengan sebuah pengisap yang dapat bergerak berisi gas.



Gambar 14.1. Kerja pada Gas Ideal

Misalnya luas penampang tabung, A dan tekanan yang dilakukan oleh sistem terhadap piston, P . maka kerja yang dilakukan:

$$dW = F \cdot dx$$

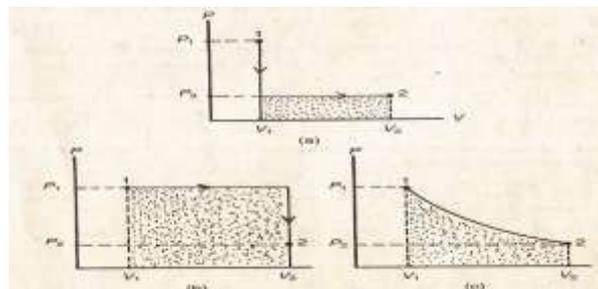
$$dW = P \cdot A \cdot dx$$

$$dW = P \cdot dV$$

Bila perubahan volume yang terjadi dari V_1 ke V_2 maka:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P \, dV \tag{14.1}$$

Integral ini dapat dihitung secara grafik. Sekarang perhatikan Gambar 14.2.



Gambar 14.2. Kerja pada Gas Ideal Tergantung proses yang bersangkutan

Gas mengembang dari keadaan 1 ke keadaan 2 melalui proses yang berbeda. Tampak bahwa luas yang terbentuk berbeda. Jadi kerja yang dilakukan berbeda. Dari sini jelas bahwa kerja yang dilakukan oleh sistem tergantung pada proses yang bersangkutan.

2. Hukum I Termodinamika

Hukum I Termodinamika: energi dalam suatu benda dapat ditingkatkan dengan menambahkan kalor ke benda. Hukum ini tidak membatasi tentang arah perpindahan kalor yang dapat terjadi. Hukum ini merupakan pembahasan yang luas tentang hukum kekekalan energi.

Suatu sistem termodinamik berubah dari keadaan awal P_1, V_1 ke keadaan akhir P_2, V_2 dengan menyerap atau mengeluarkan kalor Q , dan melakukan atau menerima kerja W . setelah diamati ternyata $Q - W$ untuk semua proses tetap meskipun Q dan W tergantung pada proses. $Q - W$ disebut perubahan energi dalam sistem.

Jika U_1 adalah energi dalam sistem pada keadaan awal, dan U_2 pada keadaan akhir, maka perubahan energi dalam sistem:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - W \quad (14.2)$$

Persamaan 14.2 dikenal sebagai Hukum I Termodinamika, dan dalam penggunaannya semua besaran harus dalam satuan energi yang sama. Jika perubahan yang terjadi relatif kecil, maka persamaan 14.2. dapat ditulis:

$$dU = dQ - dW \quad (14.3)$$

ΔU = perubahan energi dalam (joule)

Q = kalor yang diterima/dilepas sistem (joule),

W = usaha luar yang dilakukan/diterima sistem (joule)

Catatan :

- W positif bila sistem melakukan kerja
- W negatif bila sistem menerima kerja
- Q positif bila sistem menerima kalor
- Q negatif bila sistem melepas kalor

Kerja yang dilakukan oleh sistem tergantung pada proses yang bersangkutan. Proses-proses tersebut adalah:

a. *Proses Isovolum atau isokhorik*, yaitu proses pada volume tetap.

Berdasarkan persamaan 14.1:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = 0 \quad (14.4)$$

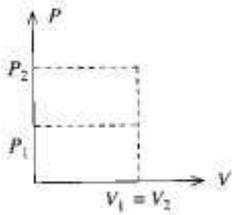
Karena tidak ada volume, maka $dV = 0$, dan persamaan 14.3 menjadi:

$$dU = dQ_v \quad \text{atau}$$

$$dU = n C_v dT \quad (14.5)$$

C_v adalah kapasitas molar pada volume tetap. Karena energi dalam sistem tidak tergantung pada proses dan karena dT tidak pula bergantung pada proses, maka persamaan 14.5 berlaku untuk semua proses.

- Proses isokhorik



$$\Delta V = 0, \text{ maka } W = 0 \rightarrow Q = \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

- b. *Proses Isobaris*, yaitu proses pada tekanan tetap.

Berdasarkan persamaan 14.1:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P \int_{V_1}^{V_2} dV = P (V_2 - V_1) \quad (14.6)$$

Dari defenisi, kapasitas panas molar pada tekanan tetap adalah C'_p , maka:

$$dQ = n C'_p dT$$

dan kerja pada tekanan tetap:

$$dW = pdV = nR dT$$

maka

$$dU = dQ - dW$$

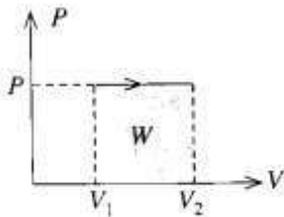
$$n C'_v dT = n C'_p dT - nRT dT$$

atau

$$C'_p = C'_v + R \quad (14.7)$$

R adalah konstanta gas umum yang dapat dinyatakan dalam J/mol K. persamaan 14.7 juga berlaku untuk semua proses.

- Proses *isobaris*



$$\Delta P = 0, \text{ maka } W = P\Delta V$$

$$Q = \Delta U + W$$

- c. *Proses Isotermal*, yaitu proses pada suhu tetap.

Berdasarkan persamaan 14.1:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (14.1)$$

Untuk gas ideal:

$$P = \frac{nRT}{V}$$

Karena n , R , dan T tetap, maka:

$$W = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (14.2)$$

Pada pemuaian, $V_2 > V_1$ dan W positif. Untuk T tetap:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ atau}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

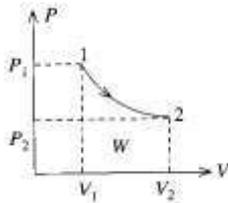
Sehingga kerja isotermik dapat ditulis:

$$W = nRT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (14.3)$$

Pada proses isothermal $dT = 0$, sehingga:

$$dU = 0 \text{ dan } dQ = dW$$

- Proses isobaris



$$\Delta T = 0, \text{ maka } \Delta U = 0$$

$$Q = W$$

- d. *Proses adiabatik*, yaitu proses yang berlangsung tanpa adanya panas yang masuk ataupun keluar. Jadi:

$$dQ = 0 \text{ pada proses adiabatik berlaku:}$$

$$TV^{\gamma-1} = (\text{tetap}) \quad (14.4)$$

$$PV^{\gamma} = (\text{tetap}) \quad (14.5)$$

Dengan:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad (14.6)$$

γ = tetapan Laplace.

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

Kerja yang dilakukan pada proses adiabatik (tidak isovolum):

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \neq \int_{T_1}^{T_2} -n C'_V dT \quad (14.7)$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{C}{V^{\gamma}} dV = C \frac{1}{\gamma-1} [V^{1-\gamma}]_{V_1}^{V_2}$$

$$W = \frac{1}{\gamma-1} [P_2 V_2 - P_1 V_1] \quad (14.8)$$

Atau dapat juga ditulis:

$$W = -\frac{3}{2} nR(T_2 - T_1) \quad (14.9)$$

$$W = \frac{3}{2} nR(T_1 - T_2) \quad (14.10)$$

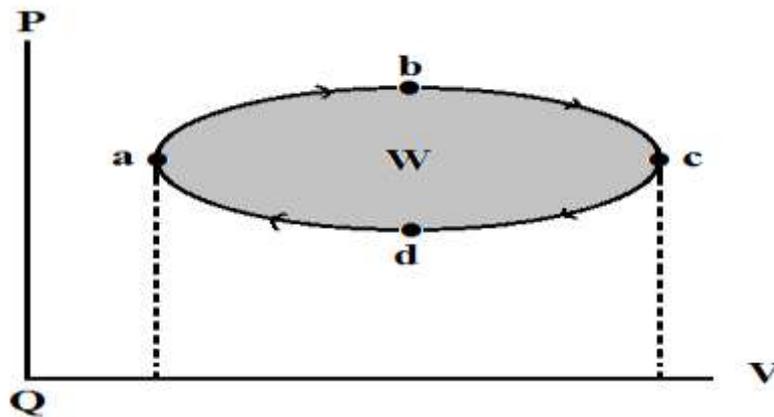
Selain proses-proses tersebut di atas, ada proses lain yang perlu diketahui yaitu proses *reversible*, adalah proses yang dapat kembali ke keadaan semula tanpa adanya kalor yang berpindah dan tanpa kerja yang dilakukan, artinya tanpa adanya perubahan apapun, baik pada sistem maupun pada lingkungannya. Proses ini dalam kenyataannya tidak ada, semua proses yang terjadi di alam adalah proses *irreversible*.

C. Siklus Carnot

1. Diagram Siklus Carnot

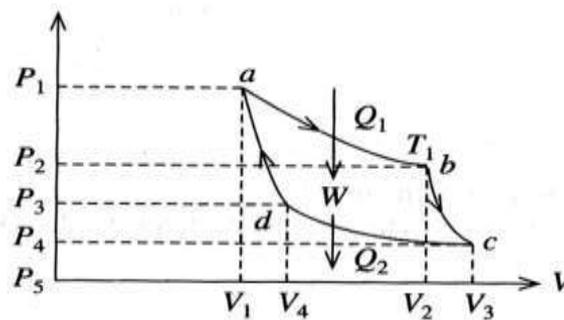
Siklus Carnot adalah suatu proses dimana sistem(gas) yang melakukan proses dapat kembali keadaan semula.

Siklus Carnot disebut siklus ideal yang terdiri dari dua proses yaitu proses isothermis (dua isotherm) dan proses adiabatik (dua diabat).



Gambar 14.3. Diagram P - V Siklus Reversibel

Gambar 14.3. Menunjukkan sebuah siklus reversible. Kerja W untuk satu siklus dalam hal ini adalah luas yang dilingkupi oleh kurva $a b c d a$ dan kerja ini adalah positif; kerja W negatif bila lintasan siklusnya $d c b a d$. siklus reversible yang penting adalah siklus Carnot ditunjukkan pada Gambar 14.4.



Gambar 14.4. Diagram P - V Siklus Carnot

- Garis ab proses pemuaian isothermis menyerap kalor Q_1 pada suhu tinggi T_1
- Garis bc proses pemuaian secara adiabatik ($\Delta Q = 0$)
- Garis cd proses pemampatan secara isothermis melepas kalor Q_2 pada suhu rendah T_2
- Garis dap proses pemampatan adiabatik ($\Delta Q = 0$)
- Siklus $abcd$ disebut siklus Carnot

2. Kerja dan Efisiensi Mesin Carnot

- Kerja mesin Carnot:

$$W = Q_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \text{ atau} \quad (14.11)$$

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (14.12)$$

- Efisiensi Mesin Carnot

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) 100\% \text{ atau} \quad (14.13)$$

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) 100\% \quad (14.14)$$

- Menaikan Efisiensi Mesin

$$T_1(1 - \eta) = T_1'(1 - \eta') \quad (14.15)$$

Dimana:

W = kerja mesin Carnot (joule)

Q_1 = kalor yang diserap dari reservoir suhu tinggi T_1 (joule)

T_1 = suhu reservoir tinggi (K)

T_2 = suhu reservoir rendah (K)

η = efisiensi mesin Carnot

η' = efisiensi mesin Carnot yang baru

D. Hukum II Termodinamika

Hukum II Termodinamika: kalor tidak mungkin diubah semuanya menjadi kerja mekanis. Efisiensi mesin kalor tidak 100%.

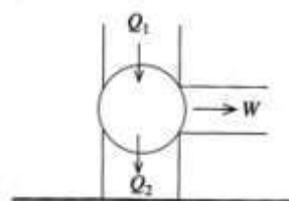
Entalpi adalah jumlah energy internal dari suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja. Entalpi tidak bisa diukur, namun yang bisa dihitung adalah nilai perubahannya. Secara matematis perubahan entalpi dapat dirumuskan sebagai:

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V \quad (14.16)$$

Ada dua perumusan untuk Hukum II Termodinamika, yaitu:

- a. Rumus Kelvin – Planck

Kalor mungkin dapat diubah seluruhnya menjadi usaha.



Gambar 14.5. Mesin Panas

$$\eta_{max} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) 100\% \quad (14.17)$$

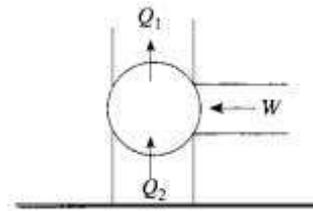
Q_1 = kalor yang diserap (joule)

W = usaha yang bermanfaat (joule)

Q_2 = kalor yang terhubung (joule)

b. Rumus Clausius

Kalor tidak mungkin diserap seluruhnya dari reservoir suhu rendah tanpa melakukan usaha pada mesin.



Gambar 14.6. Mesin Pendingin

$$\eta = \left(\frac{T_1}{T_2} - 1 \right) 100\% \quad (14.18)$$

$$W = Q_2 \left(\frac{T_1}{T_2} - 1 \right) \quad (14.19)$$

Rumus di atas berlaku untuk mesin pendingin atau *refrigerator*

Koefisien Daya Guna (Koefisien Performansi). Digunakan untuk menghitung kinerja mesin pendingin.

$$K = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (14.20)$$

Dimana:

K = koefisien performansi

Q_1 = kalor yang diberikan pada suhu reservoir tinggi (J)

Q_2 = kalor yang diserap dari suhu reservoir rendah (J)

T_1 = suhu reservoir tinggi (K)

T_2 = suhu reservoir rendah (K)

E. Hukum III Termodinamika

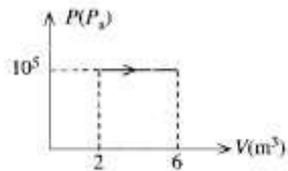
Hukum III Termodinamika: tidaklah mungkin dengan suatu prosedur apapun dapat mereduksi suatu sistem ke temperature nol absolute (mutlak).

Entropi adalah besaran yang menunjukkan ketidakteraturan gerak suatu gas (S). besaran ini merupakan perubahan nilai termodinamik reversible (dapat dibalik). Secara matematis entropi dirumuskan sebagai:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (14.21)$$

F. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Gas dipanaskan pada tekanan tetap 2×10^5 Pa sehingga volumenya berubah dari 2 m^3 menjadi 6 m^3 seperti grafik di bawah. Hitung besar usaha yang dilakukan oleh gas.



Penyelesaian:

Hitung luas kurva.

$$W = P \times \Delta V = 2 \times 10^5 (V_2 - V_1) = 2 \times 10^5 (6 - 2) = 8 \times 10^5 \text{ joule.}$$

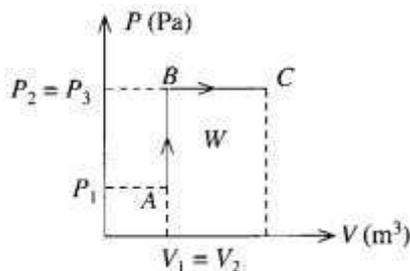
2. Gas ideal monoatomik 10^5 Pa volumenya 3 m^3 , dan suhunya 300 K . Mula-mula gas mengalami proses isokhorik hingga tekanannya menjadi $1,5 \times 10^5$ Pa, kemudian gas mengalami proses isobarik hingga volumenya menjadi $4,5 \text{ m}^3$ dan $C_V = \frac{3}{2} n R$
- Lukis proses ini dalam grafik $P - V$ (tekanan, volume).
 - Hitung suhu pada tiap-tiap akhir proses
 - Hitung usaha total yang dilakukan gas.
 - Hitung kalor total yang diserap oleh gas.
 - Hitung perubahan energy dalam gas.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\begin{aligned} P_1 &= 10^5 \text{ Pa} & V_1 &= 3 \text{ m}^3 \\ P_2 = P_3 &= 1,5 = 1,5 \times 10^5 & C_V &= \frac{3}{2} n R \\ T_1 &= 300 \text{ K} & V_2 &= 4,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

a)



$AB =$ proses isokhorik ($\Delta V = 0$)

$BC =$ proses isobarik ($\Delta P = 0$)

b) **Dari A ke B** **dari B ke C**

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{T_1} &= \frac{P_2}{T_2} & \frac{V_2}{T_2} &= \frac{V_3}{T_3} \\ \frac{10^5}{300} &= \frac{1,5 \times 10^5}{450} & \frac{3}{450} &= \frac{4,5}{T_3} \\ T_2 &= 450 \text{ K} & T_3 &= 675 \text{ K} \end{aligned}$$

c) **dari A ke B**

$$\Delta V = 0$$

$$W_{AB} = 0$$

dari B ke C

$$W_{BC} = P_2 \Delta V = (1,5 \times 10^5) (4,5 - 3) = 2,25 \times 10^5 \text{ joule}$$

$$\Delta W = W_{AB} + W_{BC} = 2,25 \times 10^5 \text{ joule}$$

d) **dari A ke B**

$$\begin{aligned} Q_{AB} &= C_V \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T \\ &= \frac{3}{2} \Delta P V_1 = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) V_1 \\ &= \frac{3}{2} (1,5 \times 10^5 - 10^5) \times 3 = 2,25 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

dari B ke C

$$\begin{aligned} Q_{BC} &= C_p \Delta T = \frac{5}{2} n R \Delta T = \frac{5}{2} \Delta V P_2 \\ &= \frac{5}{2} (V_3 - V_1) P_2 \\ &= \frac{5}{2} (4,5 - 3) (1,5 \times 10^5) = 5,625 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{tot}} &= Q_{AB} + Q_{BC} \\ &= 2,25 \times 10^5 + 5,625 \times 10^5 \\ &= 7,875 \times 10^5 \end{aligned}$$

e) $\Delta U = Q_{\text{tot}} - W$

$$\begin{aligned} &= 7,875 \times 10^5 \text{ J} - 2,25 \times 10^5 \text{ J} \\ &= 5,625 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

3. Sebuah mesin Carnot menyerap kalor 50 kkal dari reservoir yang bersuhu 910 K dan melakukan usaha $3 \times 10^4 \text{ J}$. Hitunglah suhu reservoir rendah, kalor yang dilepas dan efisiensi mesin Carnot.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 50 \text{ kkal} = 5 \times 10^4 \text{ kal} \\ &= 5 \times 10^4 \times 4,2 \text{ J} = 21 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

$$W = 3 \times 10^4 \text{ J}$$

$$T_1 = 910 \text{ K}$$

a) Suhu T_2 adalah: $W = Q_1 (1 - \frac{T_2}{T_1})$

$$\begin{aligned} 3 \times 10^4 &= (21 \times 10^4) (1 - \frac{T_2}{910}) \\ \frac{1}{7} &= 1 - \frac{T_2}{910} \rightarrow T_2 = 780 \text{ K} \end{aligned}$$

b) Kalor yang dilepas (Q_2). $W = Q_1 - Q_2$

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_1 - W = (21 \times 10^4 - 3 \times 10^4) \text{ J} \\ &= 18 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

c) $\eta = (1 - \frac{T_2}{T_1}) 100\% = (1 - \frac{780}{910}) 100\%$
 $\eta = 14,3\%$

4. Mesin pendingin ruangan mempunyai daya 500 W . Jika suhu ruangan -30°C dan suhu udara luar 27°C , berapa kalor yang diserap mesin selama 1 menit?

Penyelesaian :

Dalam kasus mesin pendingin, gunakan rumus koefisien performansi.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} K &= \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{Q_2}{W} \\ \frac{Q_2}{500} &= \frac{270}{300 - 270} \rightarrow Q_2 = \frac{270}{30} \times 500 = 4.500 \text{ J} \end{aligned}$$

Kalor yang diserap dalam 1 menit sebesar

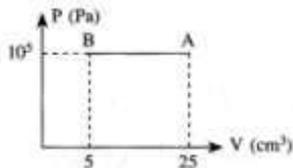
$$\begin{aligned} Q_2 &= 4500 \text{ J} \times 60 \text{ s} \\ &= 27 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

G. Soal-Soal Latihan

• Pilihan Ganda

Petunjuk: Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang dianggap paling tepat!

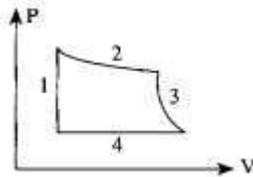
- Volume suatu piston berubah dari 2 m^3 menjadi 7 m^3 pada tekanan 2 atm . Besarnya usaha yang dilakukan sistem adalah ...
 - 100 J
 - 1.000 J
 - 10.000 J
 - 100.000 J
 - 1.000.000 J
- Perhatikan gambar di bawah ini!



Usaha yang dilakukan dari A ke B sebesar ...

- 2 J
 - 2 J
 - 3 J
 - 3 J
 - 4 J
- Sebuah mesin Carnot bekerja pada suhu 300 K dan 800 K , efisiensi mesin tersebut adalah ...
 - 63,0%
 - 62,5%
 - 60,0%
 - 50%
 - 37,5%
 - Suatu mesin Carnot dengan efisiensi 60%. Jika reservoir suhu rendahnya adalah 27°C , reservoir suhu tingginya adalah ...
 - 600°C
 - 527°C
 - 427°C
 - 477°C
 - 750°C

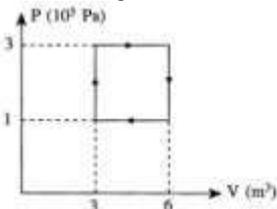
- Perhatikan gambar di bawah ini!



Usaha yang dilakukan secara isobaric, isotermis, adiabetic, dan isokhorik berturut-turut adalah ...

- 1, 2, 3, 4
 - 1, 3, 2, 4
 - 1, 2, 4, 3
 - 4, 2, 3, 1
 - 4, 3, 2, 1
- Suatu gas yang volumenya $0,4 \text{ m}^3$ perlahan-lahan dipanaskan pada tekanan tetap hingga volumenya menjadi $0,8 \text{ m}^3$. Jika usaha luar gas tersebut adalah $2 \times 10^5 \text{ joule}$, maka tekanan gas adalah ...
 - $5 \times 10^5 \text{ Pa}$
 - $5 \times 10^4 \text{ Pa}$
 - $2 \times 10^5 \text{ Pa}$
 - $2 \times 10^4 \text{ Pa}$
 - 10^5 Pa
 - Mesin pendingin mengalirkan kalor dari suatu ruang pendingin pada lemari es bersuhu 7°C ke lingkungan dengan suhu 27°C . koefisien performansi mesin pendingin tersebut adalah ...
 - 7,14
 - 8,24
 - 10,00
 - 12,14
 - 14,00

- Perhatikan gambar di bawah ini!



Kerja yang dilakukan sistem di atas adalah ...

- 200 KJ
- 300 KJ
- 400 KJ
- 500 KJ
- 600 KJ

- **Essay:**

1. Sebuah mesin uap beroperasi diantara temperature 500 °C dan 270 °C. berapa efisiensi maksimum yang mungkin dari mesin ini?
2. Air sebanyak 50,0 kg pada temperature 20,0 °C, dicampur dengan air sebanyak 30,0 kg dengan temperature 24,0 °C. Hitung perubahan entropinya!

H. Glosarium

Adiabatik. Kondisi dimana tidak ada panas yang keluar atau masuk dari sistem.

Efisiensi Mesin Carnot. Ukuran kinerja mesin kalor yang merupakan perbandingan antara kalor yang digunakan dengan kalor yang masuk pada sistem.

Energi bebas. Energi yang diserap atau dilepaskan selama berlangsungnya proses termodinamika.

Entalpi. Jumlah energi internal dari suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja.

Entropi. Besaran yang menunjukkan ketidakteraturan gerak suatu gas. Besaran ini merupakan perubahan nilai proses termodinamik reversible (dapat dibalik).

Isobar adalah suatu proses termodinamika, dalam hal ini proses itu berlangsung pada tekanan yang selalu tetap.

Isokhorik adalah proses perubahan suatu system gas pada volume tetap.

Isotermik adalah proses perubahan suatu sistem gas pada suhu tetap.

Prinsip ekuipartisi energi. Prinsip yang menyatakan bahwa gas yang berada di dalam ruang tertentu merupakan kumpulan dari partikel gas yang memiliki tekanan, energi dan kecepatan gerak yang sama.

Termodinamika adalah ilmu yang membahas tentang suhu, kalor dan usaha mekanik pada gas (sistem).

Sistem adalah sejumlah gas yang terdapat dalam wadah tertutup.

Siklus Carnot adalah suatu proses dimana system(gas) yang malkukan proses dapat kembali keadaan semula. Siklus Carnot disebut siklus ideal yang terdiri dari dua proses yaitu proses isotermik dan proses adiabatik

I. Daftar Pustaka

- Banawi, Anasufi. (2012). *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Ambon: Laboratorium MIPA IAIN Ambon.
- David Halliday and Robert Resnick. (1978). *Physics*. Third Edition, John Wiley & Sons, inc. Translated in Indonesian Language by Pantur Silaban & Erwin Sucipto, (1985). *Fisika*, Edisi kelima, Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. (1998). *Physics: Principles with applications*. Fifth Edition, Prentice-Hall, Inc. Translated in Indonesian Language by Yuhilza Hanum, (2001). *Fisika. Edisi kelima, Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. (2007). *Fisika untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ni Ketut Lasmi. (2008). *Seri Pendalaman Materi: Fisika SMA dan MA-Siap Tuntas Menghadapi Ujian Nasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Paul A Tipler. (1991). *Physics for Scientists and Engineers*. Third Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Lea Prasetyo and Rahmad W. Adi, (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears, F.W. and M. W. Zemansky. (1962). *University Physics In One Volume*. Seven Edition, Worth Publisher, inc. Translated in Indonesian Language by Soedarjana and Amir Achmad, (1991). *Fisika untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, Bunyi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sutrisno. (1983). *Seri Fisika: Fisika Dasar – Listrik Magnet dan Termodinamika Listrik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tan Ik Gie, dkk. (1998). *Diktat Fisika Dasar – 1*. Jakarta: EIUDP – CIDA.

LAMPIRAN-A

SATUAN SI

SATUAN-SATUAN DASAR	
Panjang	Meter (m) adalah jarak yang ditempuh oleh cahaya di ruang vakum dalam waktu 1/299.792.458 sekon.
Massa	Kilogram (kg) adalah massa pada Standar Internasional untuk bobot dan ukuran yang disimpan di Sevres, Prancis.
Waktu	Sekon (s) adalah waktu yang diperlukan untuk 9.192.631.770 siklus pada radiasi yang berhubungan dengan transisi antara dua tingkat hiperhalus dengan keadaan dasar pada atom 133 Cs.
Temperatur	Kelvin (K) adalah 1/273,16 dan temperatur termodinamika pada triple point air.
Arus	Ampere (A) adalah arus pada dua kawat panjang paralel yang terpisah sejauh 1 meter dan menimbulkan gaya magnetik per satuan panjang sebesar 2×10^{-7} N/m.
Intensitas cahaya	Candela (cd) adalah intensitas cahaya, dalam arah tegak lurus permukaan benda hitam seluas 1/600.000 m ² pada temperatur beku platinum dengan tekanan 1 atm.
Jumlah Zat	Mol (mol) adalah kuantitas bahan dari sistem yang mempunyai sejumlah bahan sama dengan jumlah atom yang ada dalam 0,012 kilogram carbon 12.

SATUAN-SATUAN SUPLEMENTAIR	
Sudut bidang	Radian (rad) adalah sudut bidang antara dua radius dari lingkaran yang memotong busur pada panjang sama dengan radius itu.
Sudut padat	Steradian (sr) adalah sudut padat yang memotong luas sama pada bola seperti bujur sangkar yang sisinya sama dengan radius itu.

SATUAN-SATUAN TURUNAN		
Gaya	newton (N)	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$
Kerja, Energi	joule (J)	$1 \text{ J} = \text{N.m}$
Daya	watt (W)	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
Frekuensi	hertz (Hz)	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$
Muatan listrik	coulomb (C)	$1 \text{ C} = 1 \text{ A.s}$
Potensial listrik	volt (V)	$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
Hambatan listrik	ohm (Ω)	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Kapasitas listrik	farad (F)	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
Medan Magnetik	tesla (T)	$1 \text{ T} = 1 \text{ N/A.m}$
Fluks Magnetik	weber (Wb)	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T.m}^2$
Induktansi	henry (H)	$1 \text{ H} = 1 \text{ J/A}^2$

LAMPIRAN-B

BEBERAPA BESARAN FISIKA YANG SERING DIGUNAKAN

BESARAN	HARGA
Jarak rata-rata Bumi - Bulan	$3,84 \times 10^8 \text{ m}$
Jarak rata-rata Bumi - Matahari	$1,496 \times 10^{11} \text{ m}$
Radius Bumi rata-rata	$6,37 \times 10^6 \text{ m}$
Massa Jenis Udara (20 ^o C, 1 atm)	$1,20 \text{ kg/m}^3$
Massa Bumi	$5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$
Massa Bulan	$7,36 \times 10^{22} \text{ kg}$
Massa Matahari	$1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
Percepatan Gravitasi	$9,80 \text{ m/s}^2$
Massa Jenis Air (20 ^o C, 1 atm)	$1,00 \times 10^3 \text{ kg/ m}^3$
Tekanan Atmosfir Standar	$1,103 \times 10^5 \text{ Pa}$

BEBERAPA KONSTANTA FISIKA

BESARAN	SIMBOL	HARGA
Percepatan Gravitasi (normal)	g	$9,807 \text{ m/det}^2$
Massa Jenis Air (maksimum)		$0,999972 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Tekanan Atmosfer Standar		$1,0132 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
Massa Jenis Air raksa (S.T.P.)		$13,595 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Laju Cahaya di Ruang Bebas	c	$2,99792458 \times 10^8 \text{ m/det}$
Volume gas ideal pada (S.T.P.)		$22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$
Bilangan Avogadro	N_A	$6,022 \times 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$
Konstanta Gas Universal	R	8314 J/kmol.K
Titik Beku		$273,15 \text{ K}$
Ekuivalen mekanis panas		$4,184 \text{ J/kal}$
Konstanta Stefan-Bolzman	σ	$5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2.\text{K}^4$
Konstanta Gravitasi	G	$6,67259 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$
Konstanta Coulomb	k_0	$8,988 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$
Konstanta Planck	h	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J.det}$
Konstanta Boltzman	k_B	$1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Konstanta Faraday	F	$9,6485 \times 10^4 \text{ C/mol}$
Muatan listrik (elektron)	e	$1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$
Rasio muatan listrik terhadap massa	e/m_e	$1,7588 \times 10^{11} \text{ C/kg}$
Massa elektron	m_e	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Massa proton	m_p	$1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa neutron	m_n	$1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa partikel alfa		$6,645 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Satuan massa atom (1/12 massa ¹² C)	u	$1,6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Energi diam dari 1 u		$931,5 \text{ MeV}$

LAMPIRAN-C

FAKTOR KONVERSI SATUAN

Panjang

1 km = 0,6215 mil
 1 mil = 1,609 km
 1 m = 1,0936 yard = 3,281 kaki = 39,37 inci
 1 inci = 2,54 cm
 1 kaki = 12 inci = 30,48 cm
 1 yard = 3 kaki = 91,44 cm
 1 tahun cahaya = 1 c . tahun = $9,461 \times 10^{15}$ m
 1 Å (angstrom) = 0,1 nm
 1 AU (astronomical unit) = 149.600×10^6 m
 1 pc (parsec) = 206,265 AU = 30.857×10^{12} m

Luas

1 m² = 10⁴ cm²
 1 km² = 0,3861 mil² = 247,1 are
 1 inci² = 6,4516 cm²
 1 kaki² = $9,29 \times 10^{-2}$ m²
 1 m² = 10,76 kaki²
 1 are = 43.560 kaki²
 1 mil² = 640 are = 2,590 km²

Volum

1 m³ = 10⁶ cm³
 1 L = 1000 cm³ = 10⁻³ m³
 1 gal = 3,786 L
 1 gal = 4 qt = 8 pt = 128 oz = 231 inci³
 1 inci³ = 16,39 cm³
 1 kaki³ = 1728 inci³ = 28,32 L = $2,832 \times 10^4$ cm³

Waktu

1 jam = 60 menit = 3,6 kdet
 1 hari = 24 jam = 1440 menit = 86,4 kdet
 1 tahun = 365,25 hari = 31,56 Mdet

Kelajuan

1 km/jam = 0,2778 m/det = 0,6215 mil/jam
 1 mil/jam = 0,4470 m/det = 1,609 km/jam
 1 mil/jam = 1,467 kaki/det

Sudut dan Kecepatan Sudut

π rad = 180°
 1 rad = 57,30°
 1° = $1,745 \times 10^{-2}$ rad
 1° = (π/180) rad
 1' = (1/60)°
 1" = (1/60)'
 1 rev/menit = 0,1047 rad/det
 1 rad/det = 9,549 rev/menit

Massa

1 kg = 1000 g
 1 ton = 1000 kg = 1 Mg
 1 u = $1,6606 \times 10^{-27}$ kg
 1 u = 931,50 MeV/c²
 1 slug = 14,59 kg
 1 kg = $6,852 \times 10^{-2}$ slug

Massa Jenis

1 g/cm³ = 1000 kg/m³ = 1 kg/L
 (1 g/cm³)g = 62,4 pon/kaki²

Gaya

1 N = 0,2248 pon = 10⁵ dyne
 1 pon = 4,4482 N
 (1 kg)g = 2,2046 pon

Tekanan

1 Pa = 1 N/m²
 1 atm = 101,325 kPa = 1,01325 bar
 1 atm = 14,7 pon/inci² = 760 mmHg
 1 atm = 29,9 inciHg = 33,8 kakiH₂O
 1 pon/inci² = 6,895 kPa
 1 torr = 1 mmHg = 133,32 Pa
 1 bar = 100 kPa = 10⁵ Pa

Energi

1 kWh = 3,6 MJ
 1 kal = 4,1840 J
 1 kaki . pon = 1,356 J = $1,286 \times 10^{-3}$ Btu
 1 L . atm = 101,325 J
 1 L . atm = 24,217 kal
 1 Btu = 778 kaki . pon = 252 kal = 1054,35 J
 1 eV = $1,602 \times 10^{-19}$ J
 1 u . c² = 931,50 MeV
 1 erg = 10⁻⁷ J

Medan Magnet

1 G = 10⁻⁴ T
 1 T = 10⁴ G

Konduktivitas Termal

1 W/m . K = 6,938 Btu . inci/jam . kaki² . F
 1 Btu . inci/jam . kaki² . F° = 0,1441 W/m . K

Daya

1 daya kuda = 550 kaki . pon/s =
 1 Horse Power (HP) = 745,7 W
 1 Btu/menit = 17,58 W
 1 W = $1,341 \times 10^{-3}$ daya kuda = 0,7376 kaki pon/det

LAMPIRAN-D

ALFABET YUNANI DAN SIMBOL MATEMATIKA

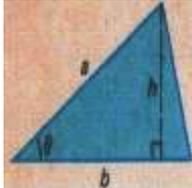
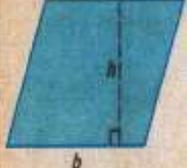
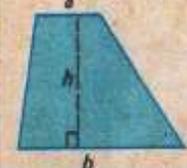
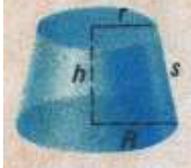
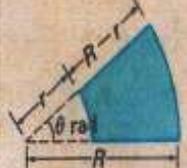
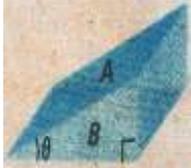
<i>ALFABET YUNANI</i>					
NAMA	HURUF BESAR	HURUF KECIL	NAMA	HURUF BESAR	HURUF KECIL
Alpha	A	α	Nu	N	ν
Beta	B	β	Xi	Ξ	ξ
Gamma	Γ	γ	Omicron	O	o
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	E	ϵ	Rho	P	ρ
Zeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	η	Tau	T	τ
Theta	Θ	θ	Upsilon	Y	υ
Iota	I	ι	Phi	Φ	ϕ
Kappa	K	κ	Chi	X	χ
Lamda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
Mu	M	μ	Omega	Ω	ω

<i>PREFIX (AWALAN) PANGKAT DARI BILANGAN DASAR-10</i>					
AWALAN	SINGKATAN	HARGA	AWALAN	SINGKATAN	HARGA
deci	d	10^{-1}	deka	da	10^1
centi	c	10^{-2}	hekto	h	10^2
mili	m	10^{-3}	kilo	k	10^3
mikro	μ	10^{-6}	mega	M	10^6
nano	n	10^{-9}	giga	G	10^9
piko	p	10^{-12}	tera	T	10^{12}
femto	f	10^{-15}	peta	P	10^{15}
atto	a	10^{-18}	exa	E	10^{18}

<i>TANDA DAN SIMBOL MATEMATIKA</i>	
=	menyamai
\neq	tidak sama dengan
\equiv	identik dengan, didefenisikan sebagai
\cong	kira-kira menyamai
>	lebih besar daripada (>> jauh lebih besar daripada)
<	lebih kecil daripada (<< jauh lebih kecil daripada)
\geq	lebih besar daripada atau sama dengan
\leq	lebih kecil daripada atau sama dengan
\pm	tambah atau kurang (kira-kira)
\propto	sebanding dengan
Σ	jumlah dari
\bar{x}	nilai rata-rata

LAMPIRAN-E

RUMUS-RUMUS GEOMETRI

	<p>Segitiga</p> $Luas = \frac{1}{2}bh$ $Luas = \frac{1}{2}ab \sin \theta$		<p>Selinder Tegak</p> $Luas \text{ dinding} = 2\pi rh$ $Volume = \pi r^2 h$
	<p>Jajaran Genjang</p> $Luas = bh$		<p>Bola</p> $Luas = 4\pi r^2$ $Volume = \frac{4}{3}\pi r^3$
	<p>Trapezium</p> $Luas = \frac{a+b}{2}h$		<p>Kerucut Tegak</p> $Luas \text{ Kulit} = \pi rs$ $Volume = \frac{1}{3}\pi r^2 h$
	<p>Lingkaran</p> $Keliling = 2\pi r$ $Luas = \pi r^2$		<p>Kerucut Tegak Terpancung</p> $Luas \text{ Kulit} = \pi s (r+R)$ $Volume = \frac{1}{3}\pi (r^2 + rR + R^2)h$
	<p>Sektor Lingkaran</p> <p>Panjang busur, $s = r\theta$</p> $Luas = \frac{1}{2}r^2\theta$		<p>Kerucut Sembarang</p> $Volume = \frac{1}{3}(luas B)h$
	<p>Persegi Panjang Kutub</p> $Luas = \frac{R+r}{2}(R-r)\theta$		<p>Baji</p> $Luas A = (Luas B) \sec \theta$

LAMPIRAN-F

OPERASI PECAHAN

$$\begin{aligned} \frac{a}{b} + \frac{c}{d} &= \frac{a.d + b.c}{b.d} & ; & & \frac{a}{b} - \frac{c}{d} &= \frac{a.d - b.c}{b.d} \\ \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} &= \frac{a.c}{b.d} & ; & & \frac{a}{b} : \frac{c}{d} &= \frac{a}{b} \times \frac{d}{c} \\ a \frac{b}{c} &= \frac{(a.c) + b}{c} \end{aligned}$$

OPERASI VEKTOR

$$\begin{aligned} \bar{a} &= a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k} & ; & & \bar{b} &= b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k} \\ \bar{a} + \bar{b} &= (a_x + b_x) \hat{i} + (a_y + b_y) \hat{j} + (a_z + b_z) \hat{k} \\ \bar{a} - \bar{b} &= (a_x - b_x) \hat{i} + (a_y - b_y) \hat{j} + (a_z - b_z) \hat{k} \\ \bar{a} \cdot \bar{b} &= (a_x \cdot b_x) + (a_y \cdot b_y) + (a_z \cdot b_z) \\ \bar{a} \times \bar{b} &= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = (a_y \cdot b_z - a_z \cdot b_y) \hat{i} - (a_x \cdot b_z - a_z \cdot b_x) \hat{j} + (a_x \cdot b_y - a_y \cdot b_x) \hat{k} \\ |\bar{a}| &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} & ; & & |\bar{b}| &= \sqrt{b_x^2 + b_y^2 + b_z^2} \\ \bar{a} \cdot \bar{b} &= |\bar{a}| |\bar{b}| \cos \theta & ; & & |\bar{a} \times \bar{b}| &= |\bar{a}| |\bar{b}| \sin \theta \end{aligned}$$

RUMUS KUADRATIK

Jika $ax^2 + bx + c = 0$, maka $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

LOGARITMA

Untuk: $x = a^y$

$$\begin{aligned} y &= {}^a \log x & \log(ab) &= \log a + \log b \\ x &= {}^a \text{anti log } y & \log\left(\frac{a}{b}\right) &= \log a - \log b \\ & & \log a^n &= n \log a \end{aligned}$$

Untuk: $x = e^y$

$$\begin{aligned} y &= {}^e \ln x & \ln e &= 1 \\ {}^e \ln x &= (2,302585)^{10} \log x & \ln e^a &= a \\ & & \ln\left(\frac{1}{a}\right) &= -\ln a \end{aligned}$$

LAMPIRAN-G

FUNGSI TRIGONOMETRI DARI SUDUT θ

$$\sin \theta = \frac{\text{sisihadapan}}{\text{sisimiring}} = \frac{y}{r}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{sisidisamping}}{\text{sisimiring}} = \frac{x}{r}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{sisihadapan}}{\text{sisidisamping}} = \frac{y}{x}$$

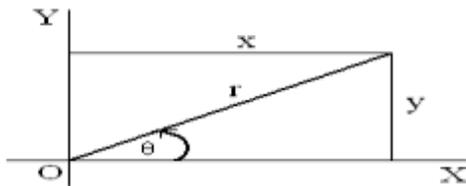
$$\csc \theta = \frac{\text{sisimiring}}{\text{sisihadapan}} = \frac{r}{y}$$

$$\sec \theta = \frac{\text{sisimiring}}{\text{sisidisamping}} = \frac{r}{x}$$

$$\cot \theta = \frac{\text{sisidisamping}}{\text{sisihadapan}} = \frac{x}{y}$$

DALIL PHYTAGORAS

$$r^2 = x^2 + y^2$$



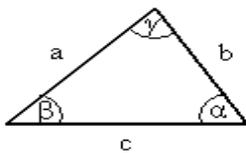
Kuadran I (0° s.d. 90°) $x > 0$ dan $y > 0$	Kuadran II (90° s.d. 180°) $x < 0$ dan $y > 0$	Kuadran III (180° s.d. 270°) $x < 0$ dan $y < 0$	Kuadran IV (270° s.d. 360°) $x > 0$ dan $y < 0$
$\sin \theta = y/r > 0$	$\sin \theta = y/r > 0$	$\sin \theta = y/r < 0$	$\sin \theta = y/r < 0$
$\cos \theta = x/r > 0$	$\cos \theta = x/r < 0$	$\cos \theta = x/r < 0$	$\cos \theta = x/r > 0$
$\tan \theta = y/x > 0$	$\tan \theta = y/x < 0$	$\tan \theta = y/x > 0$	$\tan \theta = y/x < 0$

RUMUS COSINUS:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$



RUMUS SINUS:

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

IDENTITAS TRIGONOMETRI:

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1 \qquad \sec^2 \theta - \tan^2 \theta = 1 \qquad \csc^2 \theta - \cot^2 \theta = 1$$

$$\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$$

$$\cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta = 2 \cos^2 \theta - 1 = 1 - 2 \sin^2 \theta$$

$$\sin \theta = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i} \qquad ; \qquad \cos \theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$$

$$e^{\pm i\theta} = \cos \theta \pm i \sin \theta$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$$

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha \pm \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha \mp \beta)$$

BEBERAPA ANGKA PENTING:

$\sqrt{2} = 1,414$	$\sqrt{3} = 1,732$	$\sqrt{10} = 3,162$	$\pi = 3,142$
$\pi^2 = 9,870$	$\sqrt{\pi} = 1,773$	$\text{Log} \pi = 0,4971$	$4\pi = 12,57$
$e = 2,718$	$1/e = 0,3679$	$\text{Log} e = 0,4343$	$\ln 2 = 0,6932$

$$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0,5000$$

$$\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = 0,8660$$

$$\tan 30^\circ = \cot 60^\circ = 0,5774$$

$$\cot 30^\circ = \tan 60^\circ = 1,7321$$

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,7071$$

$$\tan 45^\circ = \cot 45^\circ = 1,0000$$

Perubahan dasar:

$$\log x = \ln x / \ln 10 = 0,4343 \ln x$$

$$\ln x = \log x / \log e = 2,303 \log x$$

DIFFRENSIAL

$$\frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{y(x + \Delta x) - y(x)}{\Delta x}$$

$$\frac{d}{dx} = f(x) = \frac{d}{dx} [g(x)h(x)] = g \frac{dh}{dx} + h \frac{dg}{dx}$$

$$\frac{d}{dx} = f(x) = \frac{d}{dx} [g(x) + h(x)] = \frac{dg}{dx} + \frac{dh}{dx}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dz} \frac{dz}{dx}$$

$$\frac{dy}{dx} (a) = 0$$

$$\frac{dy}{dx} (e^{ax}) = ae^{ax}$$

$$\frac{dy}{dx} (\text{Sin} ax) = a \text{Cos} ax$$

$$\frac{dy}{dx} (\text{Tan} ax) = a \text{Sec}^2 ax$$

$$\frac{dy}{dx} (\text{Sec} x) = \text{Tan} x \text{Sec} x$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dx} \right)$$

$$\frac{dy}{dx} (ax^n) = nax^{n-1}$$

$$\frac{dy}{dx} (\ln ax) = \frac{a}{x}$$

$$\frac{dy}{dx} (\text{Cos} ax) = -a \text{Sin} ax$$

$$\frac{dy}{dx} (\text{Cot} ax) = -a \text{Csc}^2 ax$$

$$\frac{dy}{dx} (\text{Csc} x) = -\text{Cot} x \text{Csc} x$$

LAMPIRAN-I

INTEGRAL

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$$

$$\int u dv = uv - \int v du$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$$

$$\int \frac{dx}{x} = \int x^{-1} dx = \ln x$$

$$\int \frac{dx}{a+bx} = \frac{1}{b} \ln(a+bx)$$

$$\int \frac{dx}{(a+bx)^2} = -\frac{1}{b(a+bx)}$$

$$\int \frac{dx}{a^2+x^2} = \frac{1}{a} \operatorname{Tg}^{-1} \frac{x}{a}$$

$$\int \frac{dx}{a^2-x^2} = \frac{1}{2a} \ln \frac{a+x}{a-x} \quad (a^2-x^2 > 0)$$

$$\int \frac{dx}{x^2-a^2} = \frac{1}{2a} \ln \frac{a-x}{a+x} \quad (x^2-a^2 > 0)$$

$$\int \frac{x dx}{a^2 \pm x^2} = \pm \frac{1}{2} \ln \frac{1}{2a} \ln(a^2 \pm x^2)$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \operatorname{Sin}^{-1} \frac{x}{a} = -\operatorname{Cos}^{-1} \frac{x}{a} \quad (a^2-x^2 > 0)$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 \pm a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2 \pm a^2})$$

$$\int \frac{x dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = -\sqrt{a^2-x^2}$$

$$\int \frac{x dx}{\sqrt{x^2 \pm a^2}} = \sqrt{x^2 \pm a^2}$$

$$\int \sqrt{a^2-x^2} dx = \frac{1}{2} \left(x\sqrt{a^2-x^2} + a^2 \operatorname{Sin}^{-1} \frac{x}{a} \right)$$

$$\int x\sqrt{a^2-x^2} dx = \frac{1}{2} (a^2-x^2)^{3/2}$$

$$\int \sqrt{x^2+a^2} dx = \frac{1}{2} \left[x\sqrt{x^2+a^2} + a^2 \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) \right]$$

$$\int x\sqrt{x^2 \pm a^2} dx = \frac{1}{3} (x^2 \pm a^2)^{3/2}$$

$$\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax}$$

$$\int \ln ax dx = (x \ln ax - x)$$

$$\int_{x_1}^{x_2} x^n dx = \frac{x_2^{n+1} - x_1^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$$

$$\int x e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^2} (ax - 1)$$

$$\int \frac{dx}{a+be^{cx}} = \frac{x}{a} - \frac{1}{ac} \ln(a+be^{cx})$$

$$\int \operatorname{Sin} ax dx = -\frac{1}{a} \operatorname{Cos} ax$$

$$\int \operatorname{Cos} ax dx = \frac{1}{a} \operatorname{Sin} ax$$

$$\int \operatorname{Tg} ax dx = -\frac{1}{a} \ln(\operatorname{Cos} ax) = \frac{1}{a} n(\operatorname{Sec} ax)$$

$$\int \operatorname{Ctg} ax dx = \frac{1}{a} \ln(\operatorname{Sin} ax)$$

$$\int \operatorname{Sec} ax dx = \frac{1}{a} \ln(\operatorname{Sec} ax + \operatorname{Tg} ax) = \frac{1}{a} \ln \left[\operatorname{Tg} \left[\frac{ax}{2} + \frac{\pi}{4} \right] \right]$$

$$\int \operatorname{Csc} ax dx = \frac{1}{a} \ln(\operatorname{Csc} ax + \operatorname{Ctg} ax) = \frac{1}{a} \ln \left(\operatorname{Tg} \frac{ax}{2} \right)$$

$$\int \operatorname{Sin}^2 ax dx = \frac{x}{2} - \frac{\operatorname{Sin} 2ax}{4a}$$

$$\int \operatorname{Cos}^2 ax dx = \frac{x}{2} + \frac{\operatorname{Sin} 2ax}{4a}$$

$$\int \frac{dx}{\operatorname{Sin}^2 ax} = -\frac{1}{a} \operatorname{Ctg} ax$$

$$\int \frac{dx}{\operatorname{Cos}^2 ax} = \frac{1}{a} \operatorname{Tg} ax$$

$$\int \operatorname{Tg}^2 ax dx = \frac{1}{a} (\operatorname{Tg} ax) - x$$

$$\int \operatorname{Ctg}^2 ax dx = -\frac{1}{a} (\operatorname{Ctg} ax) - x$$

$$\int \operatorname{Sin}^{-1} ax dx = x(\operatorname{Sin}^{-1} ax) + \frac{\sqrt{1-a^2x^2}}{a}$$

$$\int \operatorname{Cos}^{-1} ax dx = x(\operatorname{Cos}^{-1} ax) - \frac{\sqrt{1-a^2x^2}}{a}$$

$$\int \frac{dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2+a^2}}$$

$$\int \frac{x dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{1}{a^2 \sqrt{x^2+a^2}}$$

Profil Penulis



ANASUFI BANAWI, M.Pd lahir di Ambon pada tanggal 11 Mei 1976. Anak ke enam dari sembilan bersaudara (Nurida Banawi, Asmin Banawi, Airiyansyah Banawi, Sari Bunga Banawi, Dwi Banawi, Asuka Djaya Banawi, Aminun Wulan Banawi, dan As Intan Berlian Banawi). Ayah bernama L. A. Banawi dan Ibu bernama J. A. Banjar. Memulai pendidikan dasar di SD Al-Hilaal 1 Ambon pada tahun 1983, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 4 Ambon dan lulus pada tahun 1992. Masuk SMA pada tahun itu juga di SMA Negeri 2 Ambon dan lulus pada

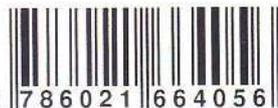
tahun 1995. Setelah lulus SMA, melanjutkan studi di Universitas Pattimura, Ambon. Namun akibat kerusuhan Ambon (Idul Fitri Berdarah, Januari 1999, Red), terpaksa hijrah dan melanjutkan studi ke Universitas Haluoleo, Kendari di FKIP Pendidikan Fisika dan memperoleh gelar sarjana pada Maret 2001. Menyelesaikan studi S2 di Universitas Negeri Yogyakarta pada Program Studi Pendidikan Dasar Konsentrasi Sains, Tahun 2009. Pengalaman kerja antara lain: Asisten Laboratorium Fisika Unpatti pada tahun 1998 dan Asisten Laboratorium P-MIPA Universitas Haluoleo pada tahun 2000 s.d. 2001. Guru Tidak Tetap (Guru Fisika) di SMUN 1 Ranomeeto Kendari (1999 s.d. 2001). Laboran (Teknisi Bagian Fisika) Lab. MIPA STAIN Ambon (2004 s.d. 2006). Dosen Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan IAIN sejak 2003 hingga sekarang.

Beberapa tulisan ilmiah penulis telah dimuat di jurnal lokal (Media Ilmiah MIPA – Unpatti Ambon, Horizon Pendidikan – FITK IAIN Ambon, Fikratuna – IAIN Ambon) maupun nasional (At-Tarbawi – Surakarta, Inovasi - Balai Diklat Keagamaan Surabaya) dan Proceeding in the second international seminar of science education (UPI - Bandung 2008).

Jabatan sekarang adalah Ketua Gugus Mutu Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan IAIN Ambon dan Ketua RT 001/02 Kelurahan Urimessing Kecamatan Nusaniwe Kota Ambon.

Buku ini ditulis dengan maksud untuk memenuhi kebutuhan para mahasiswa, akan buku ajar Fisika Dasar I. Pengertian dan konsep yang ditulis dalam buku dimulai dari yang sederhana, kemudian kepada yang lebih sukar. Untuk hal yang sukar sedapat mungkin dibantu dengan gambar dengan harapan isinya mudah dipahami mahasiswa.

ISBN 978-602-1664-05-6



9 786021 664056