

MODUL
PENGEMBANGAN KEPROFESIAN
BERKELANJUTAN

FISIKA SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN
KARAKTER

Kelompok
Kompetensi

B



PEDAGOGIK

Teori Belajar dan Implementasinya
dalam Pembelajaran Fisika

■ Suharto, S.Pd., M.T.

PROFESIONAL

Sifat Mekanika Bahan,
Keseimbangan Benda Tegar,
Usaha, Daya dan Energi

■ Wandy Praginda, S.Pd., M.Si.



Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2017

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN KIMIA SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN KARAKTER

KELOMPOK KOMPETENSI B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN FISIKA

■ Suharto, S.Pd., M.T.



Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

MODUL

PENGEMBANGAN KEPROFESIAN

BERKELANJUTAN

MATA PELAJARAN FISIKA

SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

**TEORI BELAJAR DAN
IMPLEMENTASINYA DALAM
PEMBELAJARAN IPA**

Penulis:

Suharto, S.Pd., M.T.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2017

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

MATA PELAJARAN FISIKA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) KELOMPOK KOMPETENSI B TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penyusun

Suharto, S.Pd., M.T.,

022-4231191

suhartojago@gmail.com

Penyunting

Drs. Iwan Heryawan, M.Si.

Penelaah

Dr. Ida Kaniawati, M.Si.

Dr. Andi Suhandi, M.Si.

Penata Letak

Dedi Mulyadi

Copyright © 2017

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui Pembinaan Karier Guru salah satunya untuk meningkatkan kompetensi guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG yang pada tahun 2017 dilaksanakan melalui program Pembinaan Karier Guru melalui peningkatan Kompetensi. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (dalam jaringan), serta campuran (daring kombinasi) tatap muka dan dalam jaringan.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam



mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi yang dilaksanakan melalui modalitas diklat tatap muka dan daring untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Pengembangan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Februari 2017
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 195908011985032001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Pembinaan Karier Guru Pembelajar Mata Pelajaran Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Pembinaan Karier Guru disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru pasca UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Pembinaan Karier Guru untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau email p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara dan Staf PPPPTK IPA, Dosen dan Guru yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan Kompetensi Guru IPA di Indonesia.

Bandung, Februari 2017
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002



DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN: TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA	8
A. Tujuan	8
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	9
C. Uraian Materi	9
D. Aktivitas Pembelajaran	30
E. Latihan/Kasus/Tugas	31
F. Rangkuman	34
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	34
EVALUASI	36
PENUTUP	39
DAFTAR PUSTAKA	41
GLOSARIUM	43



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 2	Daftar Lembar Kerja Modul	7
Tabel 1.1	Keterampilan Intelektual Sederhana	26
Tabel 1.2	Perbandingan Teori Belajar	28

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Alur strategi pelaksanaan pembelajaran tatap muka	4
Gambar 2	Alur pembelajaran tatap muka penuh	4
Gambar 3	Alur Pembelajaran tatap muka kombinasi (in-on-in)	6
Gambar 1.1	Bagan Kontinum Belajar hafalan bermakna, belajar penerimaan dan penemuan	21
Gambar 1.2	Subsumer A, B, C	22

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru merupakan tenaga profesional yang memiliki tugas utama merencanakan dan melaksanakan proses pembelajaran, menilai proses dan hasil pembelajaran, melakukan pembimbingan dan pelatihan. Untuk melaksanakan tugas tersebut, Guru dituntut mempunyai empat kompetensi yang mumpuni, yaitu kompetensi pedagogik, profesional, sosial, dan kepribadian. Agar kompetensi Guru tetap terjaga dan meningkat Guru mempunyai kewajiban untuk selalu memperbaharui dan meningkatkan kompetensinya melalui kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai esensi pembelajar sepanjang hayat. Dalam rangka pengembangan pengetahuan dan keterampilan guru, dikembangkan modul untuk pembinaan karier guru dengan harapan dapat memberikan kesempatan yang lebih luas kepada guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Modul ini dapat digunakan oleh guru sebagai bahan ajar dalam kegiatan pendidikan dan pelatihan (diklat) tatap muka langsung atau tatap muka kombinasi (*in-on-in*).

Modul pengembangan keprofesian berkelanjutan yang berjudul “Teori Belajar dan Implementasinya dalam Pembelajaran IPA” merupakan modul untuk kompetensi profesional guru pada Kelompok Kompetensi B (KK B). Materi pada modul ini dikembangkan berdasarkan standar kompetensi profesional guru pada Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007.

Setiap materi bahasan dikemas dalam kegiatan pembelajaran yang memuat tujuan, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, aktivitas pembelajaran, latihan/kasus/tugas, rangkuman, umpan balik, dan tindak lanjut. Pada setiap komponen modul yang dikembangkan ini telah diintegrasikan beberapa nilai karakter bangsa, baik secara eksplisit maupun implisit yang dapat diimplementasikan selama aktivitas pembelajaran dan dalam kehidupan sehari-



hari untuk mendukung pencapaian revolusi mental bangsa. Integrasi ini juga merupakan salah satu cara perwujudan kompetensi sosial dan kepribadian guru (Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007) dalam bentuk modul. Selain itu, disediakan latihan soal dalam bentuk pilihan ganda yang berfungsi juga sebagai model untuk guru dalam mengembangkan soal-soal UN/USBN sesuai topik di daerahnya masing-masing.

Pada bagian pendahuluan modul diinformasikan tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru setelah mengikuti diklat, peta kompetensi yang harus dikuasai guru pada kelompok kompetensi B (KK B), Ruang Lingkup, dan Saran Penggunaan Modul. Setelah guru mempelajari modul ini diakhiri dengan evaluasi untuk refleksi diri.

B. Tujuan

Setelah belajar dengan modul PKB guru pembelajar *kelompok kompetensi B*, Anda diharapkan memahami teori-teori belajar dan penerapannya dalam pembelajaran Fisika.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah belajar menggunakan modul ini adalah menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik. Kompetensi Guru Mata Pelajaran dan Indikator Pencapaian Kompetensi yang diharapkan tercapai melalui belajar dengan modul ini tercantum pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
2.1. Memahami berbagai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik terkait dengan mata pelajaran yang diampu	2.1.1 Mendeskripsikan hakikat IPA dan pendidikan IPA 2.1.2 Menjelaskan dimensi atau komponen-komponen IPA 2.1.3 Menjelaskan pengertian belajar dan teori belajar 2.1.4 Mendeskripsikan teori belajar



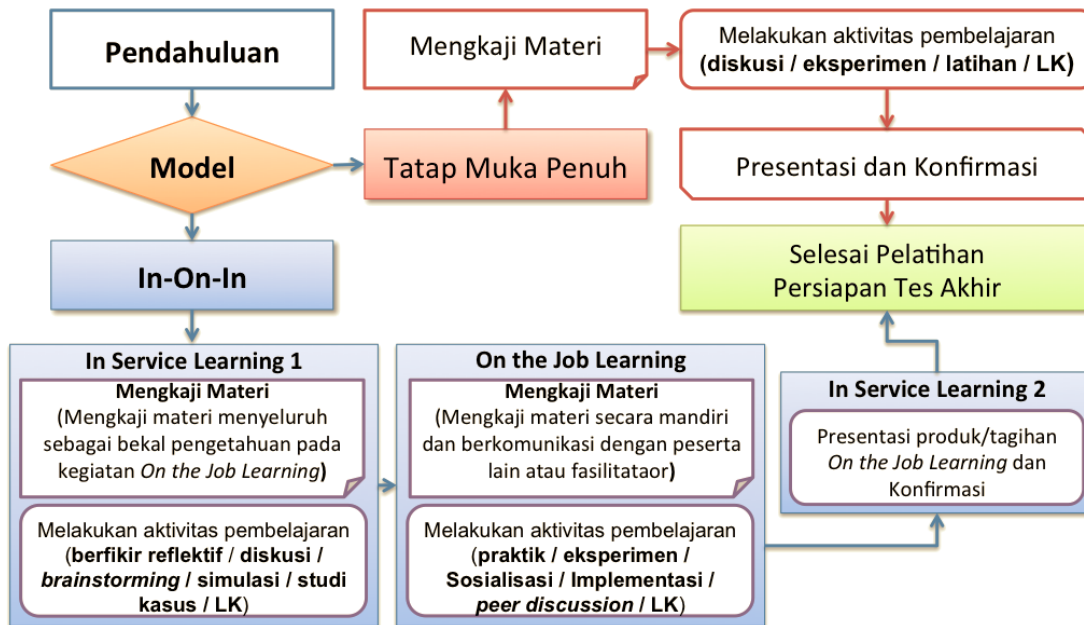
Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
	berdasarkan karakteristiknya 2.1.5 Menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran Fisika

D. Ruang Lingkup

Materi pada Modul Kelompok Kompetensi B mencakup materi tentang konsep teori belajar dan penerapannya dalam pembelajaran Fisika dan disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang pengembangan modul kelompok kompetensi B, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dapat dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK), Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut serta pada bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup. Secara garis besar materi pada modul terdiri atas topik Pengertian Teori belajar, Model, Pendekatan, Strategi, Metode dan Teknik Belajar dalam Pembelajaran serta jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

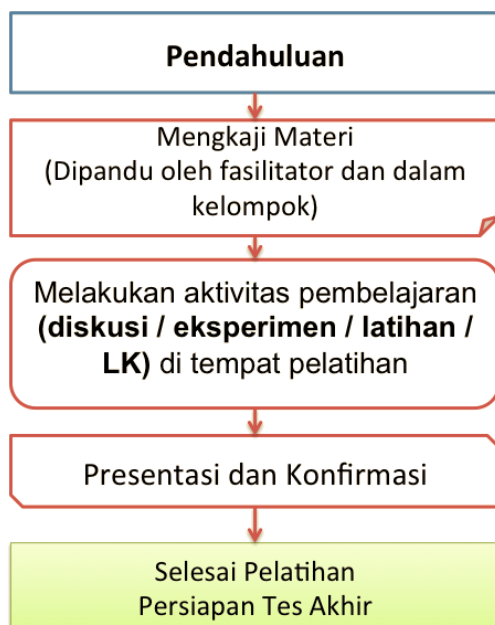
Secara umum, cara penggunaan modul pada setiap **Aktivitas Pembelajaran** disesuaikan dengan skenario setiap penyajian mata diklat. Modul ini dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran oleh guru, baik untuk moda tatap muka penuh, maupun moda tatap muka kombinasi (*in-on-in*). Berikut ini gambar yang menunjukkan langkah-langkah kegiatan belajar secara umum.



Gambar 1. Alur Strategi Pelaksanaan Pembelajaran Tatap Muka

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat terdapat dua alur kegiatan pelaksanaan kegiatan, yaitu diklat tatap muka penuh dan kombinasi (*In-On-In*). Deskripsi kedua jenis diklat tatap muka ini terdapat pada penjelasan berikut.

1. DESKRIPSI KEGIATAN DIKLAT TATAP MUKA PENUH



Kegiatan tatap muka penuh ini dilaksanakan secara terstruktur pada suatu waktu yang di pandu oleh fasilitator. Tatap muka penuh dilaksanakan menggunakan alur pembelajaran yang dapat dilihat pada alur berikut ini.

a. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari:

Gambar 2. Alur Pembelajaran Tatap Muka Penuh



- latar belakang yang memuat gambaran materi
- tujuan kegiatan pembelajaran setiap materi
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- cara penggunaan modul

b. Mengkaji materi diklat

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada guru untuk mempelajari materi yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Guru dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok.

c. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul, baik bagian **1. Diskusi Materi, 2. Praktik, 3. Penyusunan Soal UN/USBN** dan aktivitas mengisi soal **Latihan**. Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan, dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.

d. Presentasi dan Konfirmasi

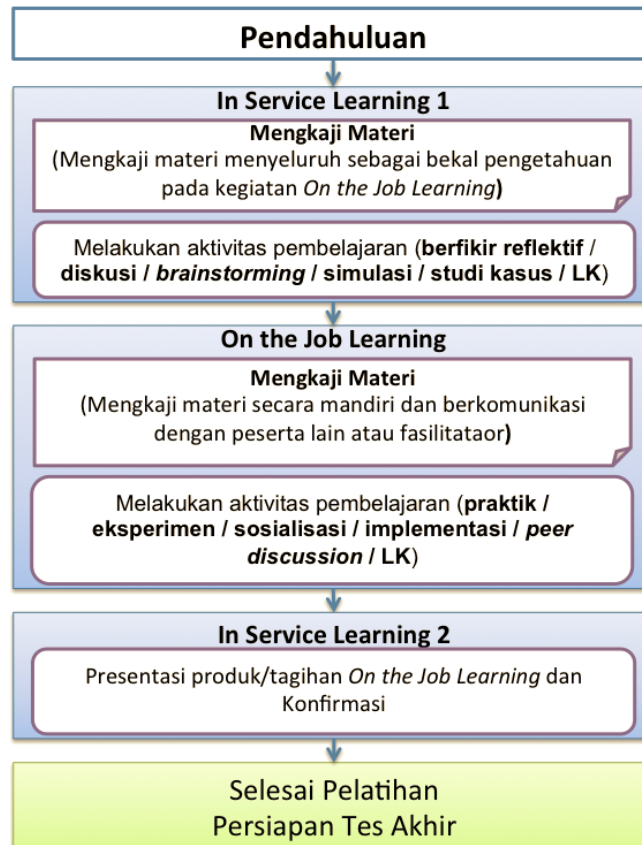
Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi yang dibahas secara bersama-sama.

e. Refleksi Kegiatan

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji merefleksikan penguasaan materi setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran.

2. DESKRIPSI KEGIATAN DIKLAT TATAP MUKA KOMBINASI

Kegiatan diklat tatap muka kombinasi (*in-on-in*) terdiri atas tiga kegiatan, yaitu tatap muka kesatu (*in-1*), penugasan (*on the job learning*), dan tatap muka kedua (*in-2*). Secara umum, kegiatan pembelajaran diklat tatap muka kombinasi tergambar pada alur berikut ini.



Gambar 3. Alur Pembelajaran Tatap Muka Kombinasi (in-on-in)

Pada Kegiatan *in-1* peserta mempelajari uraian materi dan mengerjakan Aktivitas Pembelajaran bagian **1. Diskusi Materi** di tempat diklat. Pada saat *on the job learning* peserta melakukan Aktivitas Pembelajaran bagian **2. Praktik**, bagian **3. Menyusun Soal UN/USBN**, dan mengisi **Latihan** secara mandiri di tempat kerja masing-masing. Pada Kegiatan *in-2*, peserta melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan yang dilakukan selama *on the job learning* yang difasilitasi oleh narasumber/instruktur nasional.

Modul ini dilengkapi dengan beberapa kegiatan pada Aktivitas Pembelajaran (BAB II, Bagian E) sebagai cara guru untuk mempelajari materi yang dipandu menggunakan Lembar Kegiatan (LK). Pada kegiatan diklat tatap muka kombinasi, beberapa LK dikerjakan pada *in-1* dan beberapa LK dikerjakan pada saat *on the job learning*. Hasil implementasi LK pada *on the job learning* menjadi tagihan pada kegiatan *in-2*. Berikut ini daftar pengelompokan Lembar Kegiatan (LK) pada setiap tahap kegiatan tatap muka kombinasi.



Tabel 2. Daftar Lembar Kerja Modul

No	Lembar Kerja	Nama Lembar Kerja	Dilaksanakan Pada Tahap
1.	B1.01	Kajian Topik Teori Belajar	IN1
2.	B1.02	Teori, Model, Pendekatan, Strategi, Metode, dan Teknik Pembelajaran	IN1
3.	B1.03	Teori Belajar dan Penerapannya	ON

KEGIATAN PEMBELAJARAN

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan peserta didik yang saling berinteraksi. Pembelajaran dapat didefinisikan sebagai pengorganisasian atau penciptaan atau pengaturan suatu kondisi lingkungan yang sebaik-baiknya yang memungkinkan terjadinya belajar pada peserta didik. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menjelaskan bagaimana peserta didik khususnya atau seorang manusia pada umumnya melakukan aktivitas yang kita kenal dengan istilah belajar. Upaya-upaya tersebut pada akhirnya sebuah kerangka kerja konseptual yang menggambarkan bagaimana informasi diserap, diproses, diterapkan dan dipertahankan selama belajar yang kita sebut teori belajar.

Terdapat tiga kerangka kerja konseptual utama mengenai belajar, yaitu: teori belajar behaviorisme, kognitivisme, dan konstruktivisme. Teori belajar behaviorisme lebih mengutamakan atau fokus pada perubahan tingkah laku akibat kegiatan belajar baik yang dapat diamati maupun tidak dapat diamati secara langsung, teori belajar kognitivisme menekankan pada proses dan penyimpanan informasi selama kegiatan belajar, dan teori belajar konstruktivisme menganggap belajar sebagai sebuah proses di mana peserta didik aktif membangun ide-ide baru atau konsep.

A. Tujuan

Setelah Anda membaca dan mempelajari modul ini secara mandiri/kerjasama disertai dengan sikap disiplin, kreatif, dan bertanggung jawab, Anda diharapkan dapat memahami perbedaan antara teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik dalam pembelajaran serta teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA.



B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator hasil belajar yang diharapkan dicapai adalah:

1. Membedakan pengertian teori belajar, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran
2. Mendeskripsikan teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA
3. Menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran IPA

C. Uraian Materi

Pada uraian materi berikut akan dibahas pengertian Teori belajar dan karakteristiknya, Model, Pendekatan, Strategi, Metode, dan Teknik Pembelajaran dan jenis dan karakteristik teori belajar.

1. Pengertian Teori belajar, Model, Pendekatan, Strategi, Metode dan Teknik Belajar dalam Pembelajaran

Dalam proses pembelajaran dikenal beberapa istilah yang memiliki kemiripan makna, sehingga seringkali orang merasa bingung untuk membedakannya. Istilah-istilah tersebut adalah: a. teori belajar; b. pendekatan pembelajaran; c. strategi pembelajaran; d. metode pembelajaran; e. teknik pembelajaran; dan f. model pembelajaran. Di bawah ini akan dibahas istilah-istilah tersebut.

a. Teori Belajar

Teori belajar adalah kerangka kerja konseptual yang menggambarkan bagaimana informasi diserap, diproses, diterapkan dan dipertahankan selama belajar. Aspek kognitif, emosional, pengaruh lingkungan, dan pengalaman sebelumnya, semuanya berperan dalam bagaimana memahami, bagaimana pengetahuan dan keterampilan diperoleh, diubah, diterapkan dan dipertahankan.

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan siswa yang saling berinteraksi. Dengan demikian, pembelajaran didefinisikan sebagai pengorganisasian atau penciptaan atau pengaturan suatu kondisi lingkungan yang sebaik-baiknya yang memungkinkan terjadinya belajar pada siswa.



b. Pendekatan Pembelajaran

Pendekatan merupakan cara pandang yang digunakan guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran. Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat T. Raka Joni (1991), ia mengemukakan bahwa pendekatan menunjukkan cara umum dalam memandang permasalahan atau obyek kajian. Pendekatan pembelajaran dapat digunakan untuk menetapkan strategi dan langkah-langkah pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran. Setiap pendekatan yang diterapkan akan melibatkan kemampuan subjek belajar dan guru dengan kadarnya masing-masing. Sehubungan dengan hal ini, Anderson (dalam Sudjana, 1989) mengemukakan dua kategori pendekatan, yaitu pendekatan *berpusat pada guru (teacher centered)* dan *berpusat pada siswa (student centered)* (Sudjana, 1989). Contoh pendekatan pembelajaran adalah pendekatan konsep, pendekatan lingkungan, pendekatan proses sains, pendekatan STS (*Science-Technology-Society*), dan pendekatan kontekstual.

c. Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran dapat diartikan sebagai ***a plan, method, or series of activities designed to achieve a particular educational goal.*** (J.R David (1976) dalam W. Gulo, 2002:2). Menurut definisi di atas, strategi pembelajaran mencakup rencana, metode, dan perangkat kegiatan yang direncanakan untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu. Selanjutnya, Gulo menjelaskan bahwa: (a) strategi pembelajaran adalah rencana dan cara-cara membawakan pembelajaran agar segala prinsip dasar dapat terlaksana dan segala tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif, (b) cara-cara membawakan pembelajaran itu merupakan pola dan urutan umum perbuatan guru-murid dalam perwujudan kegiatan belajar-mengajar, (c) pola dan urutan umum perbuatan guru – peserta didik itu merupakan suatu kerangka umum kegiatan pembelajaran yang tersusun dalam rangkaian bertahap menuju tujuan yang telah ditetapkan.

Untuk menentukan strategi pembelajaran, harus diperhatikan komponen-komponen (a) tujuan pembelajaran, (b) guru, (c) peserta didik, (d) materi pembelajaran, (e) metode pembelajaran, (f) media pembelajaran, dan (g)



faktor administrasi dan finansial (misalnya jadwal pelajaran, kondisi ruang belajar).

d. Model Pembelajaran

Model Pembelajaran adalah pola pembelajaran yang mendeskripsikan kegiatan guru-siswa di dalam mewujudkan kondisi belajar atau sistem lingkungan yang menyebabkan terjadinya belajar pada siswa (Hinduan, dkk, 1990). Definisi lain tentang model pembelajaran dikemukakan oleh Winataputra (1996) yang menyatakan bahwa model pembelajaran merupakan suatu kerangka konseptual atau pola yang melukiskan prosedur secara sistematis dalam mengorganisasikan pengalaman belajar untuk mencapai tujuan belajar tertentu dan berfungsi sebagai pedoman bagi para perancang pembelajaran dan para pengajar dalam merencanakan dan melaksanakan aktivitas pembelajaran. Sementara itu, Joyce et al (2000) mengemukakan bahwa model pembelajaran merupakan kerangka berpikir yang mengarahkan seseorang merancang dan melaksanakan pembelajaran di kelas serta membimbing siswa belajar di kelas sehingga interaksi belajar mengajar lebih terarah.

e. Metode Pembelajaran

Metode dalam konteks pendidikan adalah kumpulan prinsip yang terkoordinir untuk melaksanakan pembelajaran, sedangkan dalam konteks pembelajaran, metode diartikan sebagai cara-cara menyajikan suatu bahan pelajaran pada situasi tertentu.(Sukarno et.al, 1981:34). Sedangkan Gulo mengemukakan bahwa metode mengajar adalah *a way in achieving something*, jadi metode merupakan alat untuk mengoperasionalkan apa yang telah direncanakan dalam strategi. Dengan demikian, metode merupakan salah satu unsur dalam strategi pembelajaran.

Metode mengajar yang sering digunakan misalnya metode ceramah, demonstrasi, diskusi, dan eksperimen.Sedangkan teknik mengajar menyangkut hal-hal yang spesifik yang dilakukan guru dalam mengelola pembelajaran.Sebagai contoh, dalam metode diskusi dapat digunakan teknik *snow ball*, siswa berdiskusi dalam kelompok kecil kemudian setelah mendapat kesamaan persepsi terhadap materi yang didiskusikan dalam



kelompok kecil tersebut, diskusi dilakukan antar kelompok yang lebih besar, sampai akhirnya diperoleh kesamaan persepsi dalam satu kelas.

f. Teknik Pembelajaran

Teknik mengajar menyangkut hal-hal yang spesifik yang dilakukan guru dalam mengelola pembelajaran. Sebagai contoh, dalam metode diskusi dapat digunakan teknik *snow ball*, siswa berdiskusi dalam kelompok kecil kemudian setelah mendapat kesamaan persepsi terhadap materi yang didiskusikan dalam kelompok kecil tersebut, diskusi dilakukan antar kelompok yang lebih besar, sampai akhirnya diperoleh kesamaan persepsi dalam satu kelas.

T Raka Joni (1991) menunjukkan keragaman khas dalam mengaplikasikan suatu metode sesuai dengan latar (*setting*) tertentu, seperti kemampuan dan kebiasaan guru, ketersediaan sarana dan prasarana sekolah, kemampuan dan kesiapan peserta didik, dan sebagainya. Contoh, dengan menggunakan metode ceramah, maka dapat disebutkan rentangan teknik berceramah mulai dari yang diibaratkan *tape-recorder* dalam menyampaikan bahan ajar pelajaran sampai dengan menampilkan berbagai alat bantu/media untuk menyampaikan isi pelajaran yang dirancang berdasarkan teori pembelajaran mutakhir.

2. Jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya

Sebelum membahas jenis-jenis teori belajar Anda dapat mempelajari dahulu definisi belajar.

a. Definisi Belajar

Banyak definisi tentang belajar, salah satunya adalah seperti yang disampaikan oleh Gagne (1984), belajar dapat didefinisikan sebagai suatu proses dimana suatu organisme *berubah* perilakunya sebagai akibat dari *pengalaman*. *Learning may be defined as the process where by an organism changes its behaviour as a result of experience* (Gagne 1984 : 256).



Dari definisi belajar tersebut, ada dua kata kunci, yaitu perilaku dan pengalaman. Perilaku, menyangkut aksi atau tindakan, yang menjadi perhatian utama adalah perilaku verbal dari manusia, sebab dari tindakan-tindakan menulis dan berbicara manusia dapat kita tentukan apakah terjadi perubahan perilaku atau tidak. Perubahan dari "ba-ba" menjadi "bapak", memungkinkan kita untuk menyimpulkan bahwa belajar telah terjadi.

Komponen kedua adalah pengalaman. Pengalaman yang dimaksud sebagai proses belajar adalah pengalaman yang dialami oleh siswa, bukan yang merupakan pengalaman fisiologis, seperti pada saat kita masuk ke dalam ruang yang gelap, lambat laun kita akan melihat dengan jelas. Hal tersebut adalah akibat perubahan pupil mata dan perubahan perubahan fotokimia dalam retina, hal ini merupakan sesuatu yang fisiologis dan tidak mewakili belajar.

Berikut ini lima macam perilaku perubahan pengalaman, yaitu:

- 1) Pada tingkat emosional paling primitif, terjadi perubahan perilaku diakibatkan dari pasangan stimulus tak terkondisi dengan stimulus terkondisi. Bentuk belajar seperti ini disebut belajar dan menolong kita bagaimana memahami bagaimana para siswa menyenangi atau tidak menyenangi sekolah atau mata pelajaran yang diajarkan.
- 2) Belajar Kontinguitas, yaitu bagaimana dua peristiwa dipasangkan satu dengan yang lainnya pada satu waktu. Kita dapat melihat bagaimana asosiasi ini dapat menyebabkan belajar dari latihan dan belajar stereotip (menggambarkan seorang ilmuwan itu berkacamata, seorang ibu tiri kejam dll.).
- 3) Belajar Operant, yaitu kita belajar bahwa konsekuensi perilaku mempengaruhi apakah perilaku itu akan diulangi atau tidak, dan berapa besar pengulangan itu.
- 4) Belajar Observasional, pengalaman belajar sebagai hasil observasi manusia dan kejadian-kejadian, kita belajar dari model – model, dan mungkin kita menjadi model bagi orang lain.
- 5) Belajar Kognitif terjadi dalam kepala kita, bila kita melihat dan memahami peristiwa-peristiwa yang terjadi di sekitar kita.



b. Jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya

Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai *teori-teori belajar*, yaitu: *teori belajar behaviorisme*, *teori belajar kognitivisme*, dan *teori belajar konstruktivisme*. Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori kognitif melihat perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak. Sedangkan teori konstruktivisme atau pandangan konstruktivisme, belajar sebagai sebuah proses di mana pelajar aktif membangun atau membangun ide-ide baru atau konsep.

1) Teori Belajar Behaviorisme

Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek perubahan tingkah laku yang dapat diamati setelah pembelajaran. Teori behaviorisme mendefinisikan belajar tidak lebih dari memperoleh perilaku baru. Ada beberapa pendapat mengenai Teori belajar behaviorisme

2) Teori Belajar Kognitif

Kognitivisme berfokus pada "otak". Bagaimana proses dan penyimpanan informasi menjadi sangat penting dalam proses pembelajaran. Teori kognitif melihat melampaui perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak.

3) Teori Piaget

Menurut Piaget, perkembangan kognitif merupakan suatu proses genetik, artinya proses yang didasarkan atas mekanisme biologis yaitu perkembangan sistem syaraf, makin bertambah umur seseorang, maka makin kompleks susunan sel syarafnya dan makin meningkat pula kemampuannya. Menurut Piaget, proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrisasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi).

Ketika individu berkembang menuju kedewasaan, akan mengalami *adaptasi* biologis dengan lingkungannya yang akan menyebabkan adanya perubahan-perubahan kualitatif di dalam struktur kognitifnya. Piaget menyimpulkan bahwa daya pikir atau kekuatan mental anak yang berbeda usia akan berbeda pula secara kualitatif.



Proses adaptasi mempunyai dua bentuk dan terjadi secara simultan, yaitu asimilasi dan akomodasi. Adaptasi akan terjadi jika telah terdapat keseimbangan di dalam struktur kognitif. Asimilasi adalah proses perubahan apa yang dipahami sesuai dengan struktur kognitif yang telah ada, sedangkan akomodasi adalah proses perubahan struktur kognitif sehingga dapat dipahami. Jadi apabila individu menerima informasi atau pengalaman baru maka informasi tersebut akan dimodifikasi sehingga cocok dengan struktur kognitif yang telah dipunyainya. Proses ini disebut *asimilasi*. Sebaliknya, apabila struktur kognitif yang sudah dimilikinya harus disesuaikan dengan informasi yang diterima, maka hal ini disebut *akomodasi*. Asimilasi dan akomodasi akan terjadi apabila seseorang mengalami *konflik kognitif* atau ketidakseimbangan antara apa yang telah diketahui dengan apa yang dilihat atau dialaminya sekarang.

Contoh : Seorang anak sudah memahami prinsip-prinsip pengurangan. Ketika mempelajari prinsip pembagian, maka terjadi proses pengintegrasian antara prinsip pengurangan yang telah dikuasai dengan prinsip pembagian sebagai informasi baru. Inilah yang disebut proses asimilasi. Jika anak tersebut diberikan soal tentang pembagian, maka situasi ini disebut akomodasi. Artinya anak tersebut sudah dapat mengaplikasikan atau memakai prinsip-prinsip pembagian dalam situasi yang baru dan spesifik. Tugas guru dalam proses belajar mengajar adalah menyajikan materi yang harus dipelajari siswa sedemikian rupa sehingga menyebabkan adanya ketidak seimbangan kognitif pada diri siswa. Dengan demikian ia akan berusaha untuk mengadaptasi informasi baru ke struktur kognitif yang telah ada (Worell and Stilwell, 1981).

Sebagaimana dijelaskan di atas, proses asimilasi dan akomodasi mempengaruhi struktur kognitif. Perubahan struktur kognitif merupakan fungsi dari pengalaman, dan kedewasaan anak terjadi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu. Menurut Piaget, proses belajar seseorang akan mengikuti pola dan tahap-tahap perkembangan sesuai dengan umurnya, dimana pola atau tahapan perkembangan ini bersifat hierarkhis, artinya harus dilalui berdasarkan urutan tertentu dan seseorang tidak dapat belajar sesuatu yang berada diluar tahap kognitifnya.



Tahap-tahap perkembangan Intelektual

Piaget mengemukakan bahwa perubahan kognitif merupakan hasil proses perkembangan. Piaget dan kawan-kawannya menemukan bahwa:

- (1) kemampuan intelektual anak berkembang melalui tahap-tahap tertentu
- (2) tahap-tahap ini terjadi dalam suatu urutan tertentu
- (3) ada beberapa rentangan secara umum yang berkaitan dengan tahap-tahap ini, tetapi anak itu dapat dan sering bergerak melalui tahap-tahap ini pada umur yang berlainan.
- (4) perkembangan intelektual tidak sama untuk semua bidang keilmuan.

Untuk keperluan dan konseptualisasi pertumbuhan kognitif atau perkembangan intelektual. Piaget membagi perkembangan ini ke dalam empat periode, yaitu sebagai berikut:

- (1) Periode Sensori Motor (0 – 2, 0 tahun).

Pada periode ini tingkah laku anak bersifat motorik dan anak menggunakan sistem penginderaan untuk mengenal lingkungannya untuk mengenal objek. Pada waktu lahir anak hanya melakukan kegiatan-kegiatan refleksi. Gunarsa (1982:153) merinci periode ini ke dalam enam sub masa perkembangan, yaitu sebagai berikut:

- (a) Aktifitas refleksi atau modifikasi dari refleksi-refleksi: 0-1 bulan.
- (b) Reaksi pengulangan pertama (koordinasi tangan dan mulut): 1-4 bulan.
- (c) Reaksi pengulangan kedua (koordinasi tangan-mata): 4-10 bulan.
- (d) Koordinasi reaksi-reaksi sekunder (pengkoordinasian dua skema): 0-12 bulan.
- (e) Reaksi pengulangan ketiga (cara-cara baru melalui eksperimen yang dapat diikuti): 12-18 bulan.
- (f) Permulaan berpikir (perkembangan internal, cara-cara baru melakukan kombinasi-kombinasi mental): 18-24 bulan.
- (g) Perubahan utama pada sensori motor ini adalah perkembangan bergerak dari kegiatan refleksi ke perlambangan.

- (2) Periode Pra Operasional (2,0 – 7,0 tahun)

Pada periode ini secara kualitatif, pemikiran anak merupakan kemajuan dari periode sensori motor. Pemikiran anak tidak lagi dibatasi oleh kejadian-kejadian perseptual dan motorik langsung. Pemikiran anak telah



benar-benar simbolik dan urutan-urutan tingkah laku dapat dimunculkan dalam pikiran anak tidak terbatas pada kejadian-kejadian fisis dan nyata. Periode ini ditandai dengan perkembangan bahasa yang pesat (2-4 tahun), tingkah laku bersifat egosentrik dan non sosial (Gredler, 1992).

Pada periode ini anak dapat melakukan sesuatu sebagai hasil meniru atau mengamati sesuatu model tingkah laku dan mampu melakukan simbolisasi. Perhatian pada dua dimensi belum dapat dilakukan anak. Hal ini oleh Piaget diistilahkan dengan konsentrasi/memusat.

(3) Periode Operasi Konkrit (7,0 -11,0 tahun)

Pada periode ini, anak sudah mampu menggunakan operasi. Pemikiran anak tidak lagi di dominasi oleh persepsi, sebab anak mampu memecahkan masalah konkrit secara logis. Anak tidak lagi egosentris, ia dapat menerima pandangan orang lain dan bahasanya sudah komunikatif dan sosial. Pada periode ini, anak sudah dapat memecahkan masalah yang menyangkut konservasi dan kemampuan *reversibility*, mampu mengklasifikasi, tetapi belum dapat memecahkan masalah yang bersifat hipotetis.

(4) Periode Operasi Formal (11,0 - > 15 tahun)

Periode operasi formal merupakan tingkat puncak perkembangan struktur kognitif. Anak remaja berpikir logis untuk semua jenis masalah hipotetis, masalah verbal, dan ia dapat menggunakan penalaran ilmiah dan dapat menerima pandangan orang lain.

Aspek-aspek Perkembangan Kognitif

Piaget dalam Dahar (1989:156) mengemukakan ada empat aspek yang besar yang ada hubungannya dengan perkembangan kognitif. Keempat aspek tersebut, yaitu: (1) Pendewasaan; (2) Pengalaman fisik; (3) Interaksi sosial; dan (4) Ekuilibrisasi.

Pendewasaan merupakan pengembangan dari susunan syaraf, misalnya kemampuan mengepal dan menendang disebabkan oleh kematangan yang sudah dicapai oleh susunan syaraf dari individu. Anak harus mempunyai pengalaman dengan benda-benda dan stimulus-stimulus dalam lingkungan tempat ia bereaksi terhadap benda-benda itu. Akomodasi dan asimilasi tidak dapat berlangsung kalau tidak ada interaksi antara individu dengan



lingkungannya. Anak tidak hanya harus mempunyai pengalaman berinteraksi, tetapi juga ia harus mengadakan aksi kepada lingkungannya.

Interaksi sosial dalam pengertian di sini adalah pertukaran ide (gagasan) antara individu dengan individu (teman sebaya, orangtua, guru, atau orang dewasa lainnya). Interaksi sosial ini penting dalam perkembangan konsep yang tidak mempunyai acuan fisik, misalnya konsep kejujuran sangat dipengaruhi oleh penerimaan orang lain.

Keseimbangan atau penyeimbangan dipandang sebagai suatu sistem pengaturan diri (internal) yang bekerja untuk menyelaraskan peranan pendewasaan/kematangan, pengalaman fisik, dan interaksi sosial.

a) Teori Jerome Bruner: Belajar Penemuan (*Discovery Learning*)

Jerome Bruner (1915) adalah seorang ahli psikologi perkembangan dan ahli psikologi belajar kognitif. Menurut Bruner belajar adalah cara-cara bagaimana orang memilih, mempertahankan, dan mentransformasi informasi secara aktif. Bruner memusatkan perhatiannya pada masalah apa yang dilakukan manusia dengan informasi yang diterimanya, dan apa yang dilakukannya sesudah memperoleh informasi untuk mencapai pemahaman yang memberikan kemampuan kepadanya.

Bruner mengemukakan bahwa belajar melibatkan tiga proses yang berlangsung hampir bersamaan. Ketiga proses itu adalah : (1) memperoleh informasi baru, (2) transformasi informasi, dan (3) menguji relevansi dan ketepatan pengetahuan. Pandangannya terhadap belajar yang disebutnya sebagai konseptualisme instrumental itu, didasarkan pada dua prinsip, yaitu: (1) pengetahuan orang tentang alam didasarkan pada model-model tentang kenyataan yang dibangunnya, dan (2) model-model semacam itu mula-mula diadopsi dari kebudayaan seseorang, kemudian model-model itu diadaptasikan pada kegunaan bagi orang bersangkutan.

Pematangan intelektual atau pertumbuhan kognitif seseorang ditunjukkan oleh bertambahnya ketidaktergantungan respons dari sifat stimulus. Pertumbuhan itu tergantung pada bagaimana seseorang menginternalisasi peristiwa-peristiwa menjadi suatu *sistem simpan* yang sesuai dengan lingkungan. Pertumbuhan itu menyangkut peningkatan kemampuan



seseorang untuk mengemukakan pada dirinya sendiri atau pada orang lain tentang apa yang telah atau akan dilakukannya.

Bruner mengemukakan teori belajar model instruksional kognitif yang sangat berpengaruh yang dikenal dengan nama *belajar penemuan (discovery learning)*, yaitu belajar melalui pengalaman sendiri, berusaha untuk mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang benar-benar bermakna. Siswa hendaknya berpartisipasi aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, mereka dianjurkan memperoleh pengalaman dan melakukan eksperimen-eksperimen yang memungkinkan mereka menemukan konsep/prinsip sendiri.

Menurut Bruner perkembangan kognitif seseorang terjadi melalui tiga tahap yang ditentukan oleh caranya melihat lingkungan, yaitu :

- (1) *Tahap enaktif*, seseorang melakukan aktivitas-aktivitas dalam upayanya untuk memahami lingkungan sekitarnya. Artinya dalam memahami dunia sekitarnya anak menggunakan pengetahuan motorik, misalnya melalui gigitan, sentuhan, pegangan dan sebagainya.
- (2) *Tahap ikonik*, seseorang memahami objek-objek atau dunianya melalui gambar-gambar dan visualisasi verbal. Artinya anak belajar melalui bentuk perumpamaan dan perbandingan (komparasi).
- (3) *Tahap simbolik*, seseorang telah mampu memiliki ide-ide atau gagasan-gagasan abstrak yang sangat dipengaruhi oleh kemampuannya dalam berbahasa dan logika. Dalam memahami dunia sekitarnya anak belajar melalui simbol-simbol bahasa, logika, matematika, dan sebagainya.

Menurut Bruner, perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan dengan cara menyusun materi pelajaran dan menyajikannya sesuai dengan tahap perkembangan orang tersebut. Penataan materi dari umum ke rinci dikemukakan dalam model kurikulum spiral, merupakan bentuk penyesuaian antara materi yang dipelajari dengan tahap perkembangan kognitif orang yang belajar. Dengan kata lain perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan dengan jalan mengatur bahan yang akan dipelajari dan menyajikannya sesuai dengan tingkat perkembangannya.

**Beberapa keunggulan belajar penemuan (*Discovery Learning*)**

- (1) Pengetahuan yang diperoleh akan bertahan lama dan lebih mudah diingat.
- (2) Hasil belajar mempunyai efek transfer yang lebih baik, konsep dan prinsip yang diperoleh lebih mudah diterapkan pada situasi-situasi baru.
- (3) Meningkatkan penalaran siswa dan kemampuan untuk berpikir secara bebas, melatih keterampilan-keterampilan kognitif siswa untuk menemukan dan memecahkan masalah tanpa pertolongan orang lain.

Bagaimana cara menerapkan belajar penemuan di kelas sehingga diperoleh hasil yang maksimal, tentu tidak lepas dari peranan guru. Jika kita mengajarkan sains berarti kita ingin membuat anak kita berpikir secara sistematis, berperan serta dalam proses perolehan pengetahuan.

Peranan guru dalam *belajar penemuan* adalah sebagai berikut.

- (1) Merencanakan pelajaran sedemikian rupa sehingga pelajaran itu terpusat pada masalah-masalah yang tepat untuk diselidiki oleh siswa.
- (2) Menyajikan materi pelajaran yang diperlukan sebagai dasar bagi para siswa untuk memecahkan masalah
- (3) Cara penyajian disesuaikan dengan taraf perkembangan kognitif siswa
- (4) Bila siswa memecahkan masalahnya di laboratorium atau secara teoritis, hendaknya guru berperan sebagai pembimbing.
- (5) Penilaian hasil belajar penemuan meliputi pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar mengenai suatu bidang studi, dan kemampuan siswa untuk menerapkan prinsip-prinsip dasar itu pada situasi baru.

b) Teori David Ausubel : Belajar Bermakna

David Ausubel adalah seorang ahli psikologi pendidikan. Menurut Ausubel, belajar dapat diklasifikasikan ke dalam dua dimensi, yaitu sebagai berikut.

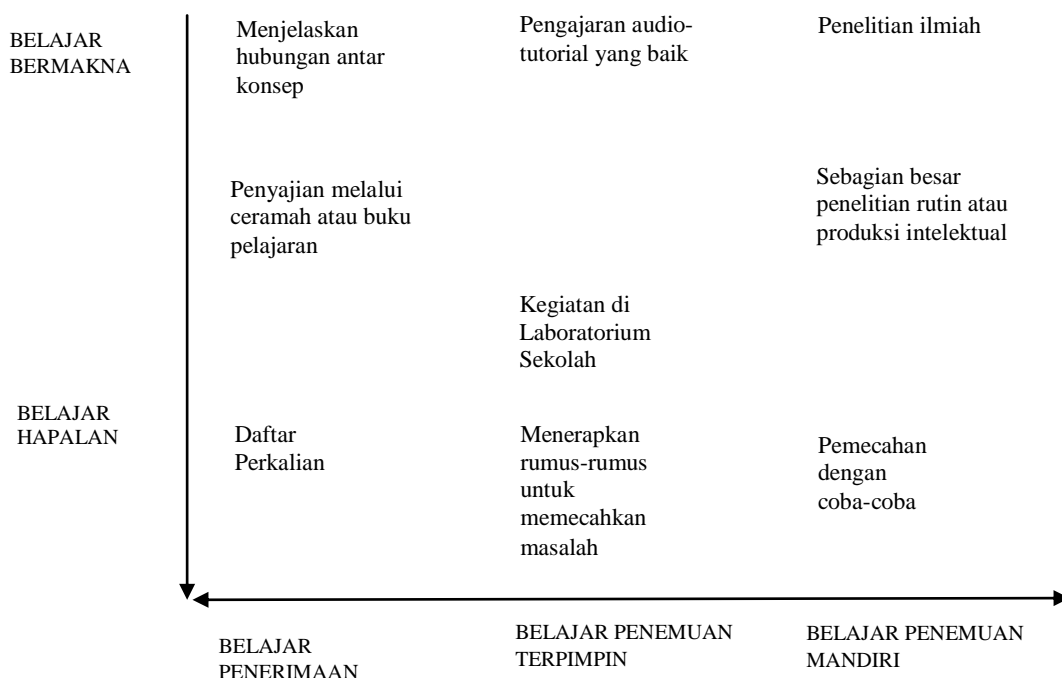
- (1) Dimensi pertama berhubungan dengan cara informasi atau materi pelajaran disajikan pada siswa, melalui penerimaan atau penemuan.
- (2) Dimensi kedua menyangkut cara bagaimana siswa dapat mengaitkan informasi itu pada struktur kognitif yang telah ada. Struktur kognitif yang dimaksud adalah fakta-fakta, konsep-konsep dan generalisasi-generalisasi yang telah dipelajari dan diingat oleh siswa (Dahar,1989:110)



Pada tingkat pertama dalam belajar, informasi dapat dikomunikasikan pada siswa baik dalam bentuk belajar penerimaan yang menyajikan informasi itu dalam bentuk final, maupun dengan bentuk belajar penemuan yang mengharuskan siswa untuk menemukan sendiri sebagian atau seluruh materi yang akan diajarkan.

Pada tingkat kedua, siswa menghubungkan atau mengaitkan informasi itu pada pengetahuan (berupa konsep atau lainnya) yang telah dimiliki sebelumnya, dalam hal ini terjadi belajar bermakna. Akan tetapi siswa juga dapat mencoba-coba menghafalkan informasi baru itu, tanpa menghubungkannya pada konsep-konsep yang telah ada dalam struktur kognitifnya, dalam hal ini terjadi belajar hafalan.

Pada saat guru menjelaskan materi, dapat terjadi dua dimensi, pertama dapat terjadi *belajar bermakna*, yaitu apabila siswa menghubungkan atau mengaitkan informasi yang diterima dengan konsep-konsep yang telah ada/ yang telah dimiliki sebelumnya. Dapat pula hanya *penerimaan informasi* saja tanpa mengaitkan dengan konsep-konsep yang telah ada atau yang dikenal dengan belajar hafalan. Walaupun demikian, belajar hafalan dapat pula menjadi bermakna yaitu dengan cara menjelaskan hubungan antara konsep-konsep. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan bagan berikut ini.



Gambar 1.1 Bagan Kontinum Belajar hafalan bermakna, belajar penerimaan dan penemuan (Novak, 1980)

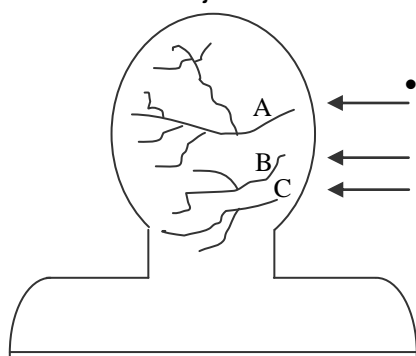


Sepanjang garis mendatar, dari kiri ke kanan terdapat berkurangnya belajar penerimaan, dan bertambahnya belajar penemuan, sedangkan sepanjang garis vertikal dari bawah ke atas terjadi berkurangnya belajar hafalan dan bertambahnya belajar bermakna.

Inti dari teori Ausubel tentang belajar adalah *belajar bermakna* yang merupakan suatu proses mengaitkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang. Pada seorang anak, pembentukan konsep merupakan proses utama untuk membentuk konsep-konsep. Telah kita ketahui, bahwa pembentukan konsep adalah semacam belajar penemuan yang menyangkut baik pembentukan hipotesis dan pengujian hipotesis maupun pembentukan generalisasi dari hal-hal yang khusus.

Pada saat usia masuk sekolah tiba, pada umumnya anak telah mempunyai kerangka konsep-konsep yang memungkinkan terjadinya belajar bermakna. Bila dalam struktur kognitif seseorang tidak terdapat konsep-konsep relevan, maka informasi baru dipelajari secara hafalan, dan bila tidak dilakukan usaha untuk mengasimilasikan pengetahuan baru pada konsep-konsep relevan yang sudah ada dalam struktur kognitif, akan terjadi belajar hafalan.

Proses Belajar Bermakna



Pada gambar di samping, informasi baru a, b, c, dikaitkan pada konsep yang relevan dalam struktur kognitif (subsumer) A, B, C. Subsumer A mengalami diferensiasi lebih banyak daripada subsumer B atau C (Novak, 1977 dalam Dahar, 1989:113)

Gambar 1.2 Subsumer A, B, C

Selama belajar bermakna berlangsung, informasi baru a, b, c terkait pada konsep-konsep dalam struktur kognitif (subsumer) A, B, C. Untuk menekankan pada fenomena pengaitan itu Ausubel mengemukakan istilah *subsumer*, Subsumer memegang peranan dalam proses perolehan informasi baru. Dalam belajar bermakna subsumer mempunyai peranan interaktif, memperlancar gerakan informasi yang relevan melalui penghalang-penghalang perseptual dan menyediakan suatu kaitan antara informasi yang baru diterima dengan pengetahuan yang sudah dimiliki sebelumnya. Proses interaktif antara materi



yang baru dipelajari dengan subsumer-subsumer inilah yang menjadi inti teori belajar asimilasi Ausubel. Proses ini disebut proses **subsumsi**.

Selama belajar bermakna, subsumer mengalami modifikasi dan terdiferensiasi lebih lanjut. Diferensiasi subsumer-subsumer diakibatkan oleh asimilasi pengetahuan baru selama belajar bermakna berlangsung. Informasi yang dipelajari secara bermakna biasanya lebih lama diingat dari pada informasi yang dipelajari secara hafalan.

Menurut Ausubel dan juga Novak (1977), ada tiga kebaikan belajar bermakna, yaitu :

- (1) Informasi yang dipelajari secara bermakna lebih lama dapat diingat.
- (2) Informasi yang tersubsumsi berakibatkan peningkatan diferensiasi dari subsumer-subsumer, jadi memudahkan proses belajar berikutnya untuk materi pelajaran yang mirip.
- (3) Informasi yang dilupakan sesudah subsumsi obliteratif (subsumsi yang telah rusak), meninggalkan efek residual pada subsumer, sehingga mempermudah belajar hal-hal yang mirip walaupun telah terjadi lupa.

Pengembangan konsep berlangsung paling baik bila unsur-unsur yang paling umum, paling inklusif dari suatu konsep diperkenalkan terlebih dahulu, dan kemudian baru diberikan hal-hal yang lebih rinci dan khusus dari konsep tersebut. Dengan perkataan lain model belajar menurut Ausubel umumnya berlangsung dari umum ke khusus. Ausubel berkeyakinan bahwa belajar merupakan proses **deduktif**.

Dalam strategi mengajar deduktif, guru mengajarkan konsep-konsep yang paling inklusif dahulu, kemudian konsep-konsep yang kurang inklusif dan seterusnya. Proses penyusunan konsep semacam ini disebut diferensial progresif atau konsep-konsep disusun secara hierarki, hal ini diterjemahkan oleh Novak sebagai peta konsep.

Gagasan/ pandangan belajar dari Ausubel yang menekankan pada belajar terjadi melalui penerimaan memberikan konsekuensi pada cara/metode penyajian dalam mengajar. Ausubel memberikan sebutan pada cara penyajian itu dengan pengajaran **expository**.

Pada pengajaran *expository* terdapat 4 ciri utama, yaitu:



- (1) Interaksi guru-siswa, walaupun guru lebih dominan dalam menyajikan materi, ide-ide/gagasan wal siswa harus menjadi bahan pertimbangan utama dalam pembahasan selanjutnya dalam setiap pengajaran.
- (2) Buatlah contoh-contoh untuk setiap konsep, walaupun penekanan belajar pada belajar bermakna secara verbal, pemberian contoh-contoh seperti dalam gambar dan diagram sangatlah diperlukan.
- (3) Penyajian bentuk deduktif. Dalam penyajian materi hendaknya diperkenalkan terlebih dahulu konsep-konsep umum dan inklusif, baru kemudian contoh-contoh yang lebih khusus.
- (4) Penyajian secara hierarkis. Penyajian bentuk ini menekankan penyajian materi secara hierarkis, misalnya sebelum menguraikan materi secara rinci, terlebih dahulu kita uraikan materi secara keseluruhan, sehingga siswa mampu menangkap struktur atau kedudukan sesuatu pada batang tubuh materi yang sedang dibahasnya.

Untuk menerapkan ciri-ciri pembelajaran seperti disarankan oleh Ausubel, strategi penyajian materi haruslah berbentuk *Advance Organizer (pengaturan awal)*. *Advance Organizer* akan berfungsi sebagai suatu *Cognitive Bridge (jembatan pengetahuan)* yang akan menguatkan struktur kognitif siswa yang dapat menjadikan informasi-informasi baru dapat dengan mudah diasimilasikan. *Advance Organizer* akan mengarahkan siswa ke materi yang akan dipelajari dan menolong mereka untuk mengingat kembali informasi yang berhubungan, yang dapat digunakan membantu menanamkan pengetahuan baru.

Variabel-variabel yang mempengaruhi belajar bermakna

Faktor – faktor utama yang mempengaruhi belajar bermakna ialah: (1) struktur kognitif yang ada, (2) stabilitas dan kejelasan pengetahuan dalam suatu bidang studi tertentu dan (3) pada waktu tertentu.

Sifat-sifat struktur kognitif menentukan validitas dan kejelasan arti-arti yang timbul waktu informasi itu masuk ke dalam struktur kognitif itu, jika struktur kognitif itu stabil, jelas dan diatur dengan baik, maka akan timbul arti-arti yang jelas, sah atau tidak meragukan dan cenderung akan bertahan. Tetapi sebaliknya, jika struktur kognitif itu tidak stabil, meragukan dan tidak teratur, maka struktur kognitif itu cenderung menghambat belajar.



Prasyarat-prasyarat dari belajar bermakna adalah sebagai berikut.

- (1) Materi yang akan dipelajari harus bermakna secara potensial.
- (2) Anak yang akan belajar harus bertujuan untuk melakukan belajar bermakna, mempunyai kesiapan dan niat untuk belajar bermakna.

Kebermaknaan materi pelajaran secara potensial tergantung pada dua faktor, yaitu :

- (1) Materi harus memiliki kebermaknaan logis yaitu materi yang konsisten,ajeg dan substantif yaitu dapat dinyatakan dalam berbagai cara, tanpa mengubah arti,
- (2) Gagasan-gagasan yang relevan harus terdapat dalam struktur kognitif siswa.

c) Teori Gagne

Teori belajar yang dikemukakan oleh Robert M Gagne (1985) merupakan perpaduan antara konsep behaviorisme dan kognitivisme, yang berpangkal pada teori proses informasi. Menurut Gagne, cara berpikir seseorang tergantung pada: (1) keterampilan apa yang telah dipunyainya, (2) keterampilan serta hierarki apa yang diperlukan untuk mempelajari suatu tugas.

Selanjutnya Gagne berpendapat bahwa di dalam proses belajar terdapat dua fenomena, yaitu: (1) keterampilan intelektual yang meningkat sejalan dengan meningkatnya umur serta latihan yang diperoleh individu, dan (2) belajar akan lebih cepat apabila strategi kognitif dapat dipakai dalam memecahkan masalah secara lebih efisien. Gagne (1985), menyebutkan adanya lima macam hasil belajar yaitu: *keterampilan intelektual, strategi kognitif, informasi verbal, keterampilan motorik dan sikap.*

(1) Keterampilan Intelektual

Keterampilan Intelektual atau pengetahuan prosedural yang mencakup belajar diskriminasi, konsep, prinsip, dan pemecahan masalah, yang kesemuanya diperoleh melalui materi yang disajikan di sekolah.

Menurut Gagne (1985), terdapat hierarki keterampilan intelektual yang berbeda. Setiap keterampilan pada hierarki tersebut merupakan prasyarat yang harus dikuasai siswa untuk mempelajari keterampilan berikutnya. Keterampilan intelektual sederhana ke kompleks seperti ditunjukkan pada tabel berikut:



Tabel 1.1 Keterampilan Intelektual Sederhana

Jenis Keterampilan	Deskripsi
1. Belajar diskriminasi	Siswa merespon perbedaan dan persamaan dari objek. Misalnya bentuk, warna, ukuran dari objek tersebut.
2. Belajar konsep a. Konsep konkrit	Siswa mengidentifikasi objek atau peristiwa sebagai suatu anggota dari kelompok suatu objek, misalnya suatu objek alat ukur listrik, siswa dapat menunjukkan dua atau lebih dari anggota objek yang berbentuk merupakan alat ukur listrik.
b. Konsep terdefinisi	Konsep ini dapat dipelajari siswa melalui aturan atau definisi atas dasar sebuah kesepakatan, contohnya siswa belajar konsep gaya.
3. Belajar aturan	Siswa dapat merespon pada suatu kelompok situasi dengan sejumlah penampilan yang menggambarkan suatu hubungan, contohnya siswa menentukan massa jenis sebuah benda dengan mengukur massa dan volume benda
4. Belajar aturan tingkat tinggi	Siswa mengkombinasikan aturan-aturan yang menjadi sub ordinat untuk memecahkan masalah.

(2) Strategi kognitif

Strategi Kognitif, yaitu kemampuan untuk memecahkan masalah-masalah baru dengan jalan mengatur proses internal masing-masing individu dalam memperhatikan, belajar, mengingat dan berpikir.

Sebagai contoh apabila siswa menggunakan metode kata kunci untuk mengingat arti dari istilah-istilah dalam biologi, maka siswa akan menggunakan strategi kognitif untuk pengkodean informasi tersebut. Kondisi belajar yang harus diperhatikan ketika proses belajar adalah sebagai berikut.

- (a) Siswa harus memiliki beberapa materi atau masalah untuk dapat bekerja sehingga dapat dilatihkan.
- (b) Siswa harus mendapat kejelasan dari deskripsi strategi yang memungkinkan dipilih.



(c) Siswa harus berlatih strategi kognitif dalam berbagai situasi dan dengan permasalahan baru.

(3) Informasi verbal

Informasi verbal, yaitu kemampuan untuk mendeskripsikan sesuatu dengan kata-kata dengan jalan mengatur informasi-informasi yang relevan. Kondisi *internal* yang harus diperhatikan guru adalah bahwa siswa harus memiliki suatu kumpulan pengetahuan yang terorganisasi (struktur kognitif) dan strategi – strategi untuk memroses (*encoding*) informasi baru. Sedangkan kondisi *eksternal* yang harus diperhatikan guru antara lain adalah tujuan belajar informasi verbal harus jelas dan materi baru harus disajikan secara bermakna, sehingga siswa dapat memprosesnya.

(4) Keterampilan motorik

Keterampilan motorik, yaitu kemampuan untuk melaksanakan dan mengkoordinasikan gerakan-gerakan yang berhubungan dengan otot.

Dalam keterampilan motorik, terdapat dua komponen, yaitu komponen pertama adalah aturan yang menggambarkan bagaimana membuat gerakan, sedangkan komponen kedua adalah memperagakan gerakan itu sendiri, misalnya menggunakan mikroskop. Kondisi belajar yang harus diperhatikan guru, adalah:

- (a) memberikan arahan, seringkali dalam bentuk verbal, penjelasan urutan dari langkah-langkah suatu kegiatan/gerakan.
- (b) memberikan umpan balik yang segera terhadap penampilan yang tepat yang telah diperagakan siswa.
- (c) memberikan latihan sesering mungkin untuk menanggulangi gerakan.

(5) Sikap

Sikap, yaitu suatu kemampuan internal yang mempengaruhi tingkah laku seseorang, dan didasari oleh emosi, kepercayaan-kepercayaan serta faktor intelektual. Belajar menurut Gagne tidak merupakan sesuatu yang terjadi secara alamiah, tetapi hanya akan terjadi dengan adanya kondisi tertentu, yaitu *kondisi internal* dan *kondisi eksternal*. Kondisi internal, antara lain yang menyangkut kesiapan siswa dan apa yang telah dipelajari sebelumnya (prerequisit), sedangkan kondisi eksternal merupakan situasi belajar dan penyajian stimulus yang secara sengaja diatur oleh guru dengan tujuan memperlancar proses belajar. Tiap-tiap jenis hasil belajar tersebut di atas memerlukan kondisi-kondisi tertentu yang perlu diatur dan dikontrol.



Perbandingan Teori Belajar Piaget, Bruner, Ausubel dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 1.2. Perbandingan Teori Belajar

PIAGET	BRUNER	AUSUBEL
Proses belajar terjadi menurut pola tahap-tahap perkembangan tertentu sesuai umur pebelajar	Proses belajar terjadi lebih ditentukan oleh cara kita mengatur materi pelajaran, dan bukan ditentukan oleh umur pebelajar	Proses belajar terjadi bila pebelajar mampu mengasimilasikan pengetahuan yang dia miliki dengan pengetahuan yang baru
Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap	Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap	Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap
Asimilasi (proses penyesuaian pengetahuan baru dengan struktur kognitif pebelajar)	Enaktif (aktivitas pebelajar untuk memahami lingkungan)	Memperhatikan stimulus yang diberikan
Akomodasi (proses penyesuaian struktur kognitif pebelajar dengan pengetahuan baru)	Ionik (pebelajar melihat dunia melalui gambar-gambar dan visualisasi verbal)	Memahami makna stimulus
Equilibrasi (proses penyeimbangan mental setelah terjadi proses asimilasi/akomodasi)	Simbolik (pebelajar memahami gagasan-gagasan abstrak)	Menyimpan dan menggunakan informasi yang sudah dipahami

4) Konstruktivisme

Menurut pandangan *konstruktivisme* pengetahuan yang dimiliki oleh setiap individu merupakan hasil konstruksi secara aktif dari individu itu sendiri. Individu tidak sekedar mengimitasi dan membentuk gambaran dari apa yang diamati atau diajarkan guru, tetapi individu secara aktif menyeleksi, menyaring, memberi arti dan menguji kebenaran atas informasi yang diterimanya (Indrawati, 2000: 34).

Pengetahuan yang dikonstruksi individu merupakan hasil interpretasi yang bersangkutan terhadap peristiwa atau informasi yang diterimanya. Para pendukung konstruktivisme berpendapat bahwa pengertian yang dibangun setiap individu siswa*) dapat berbeda dari apa yang diajarkan guru (Bodner, (1987) dalam Indrawati, 2000:34). Lain halnya dengan Paul Suparno (1997:6) mengemukakan bahwa menurut konstruktivis, belajar itu merupakan proses aktif pembelajar mengkonstruksi arti (teks, dialog, pengalaman fisis, dan lain-lain). Belajar juga merupakan proses mengasimilasi dan menghubungkan pengalaman



atau bahan yang dipelajari dengan pengertian yang sudah dipunyai seseorang sehingga pengertiannya dikembangkan (Indrawati, 2000 : 34).

Beberapa ciri proses belajar konstruktivisme:

- (1) Belajar berarti membentuk makna.
- (2) Konstruksi artinya adalah proses yang terus menerus.
- (3) Belajar bukanlah kegiatan mengumpulkan fakta melainkan lebih dari itu, yaitu pengembangan pemikiran dengan membuat pengertian baru.
- (4) Proses belajar yang sebenarnya terjadi pada waktu skema seseorang dalam keraguan yang merangsang pemikiran lebih lanjut. Situasi ketidakseimbangan adalah situasi yang baik untuk memacu belajar.
- (5) Hasil belajar dipengaruhi oleh pengalaman pembelajar dengan dunia fisik lingkungannya.
- (6) Hasil belajar seseorang tergantung pada apa yang telah diketahui si pembelajar (konsep, tujuan, motivasi) yang mempengaruhi interaksi dengan bahan yang pelajari (Paul Suparno, 1997 : 61) dalam Indrawati, 2000:34-35)

Dengan memahami pandangan konstruktivisme, maka karakteristik iklim pembelajaran yang sesuai adalah :

- (a) Siswa tidak dipandang sebagai sesuatu yang pasif, melainkan individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
- (b) Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
- (c) Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.

Iklim pembelajaran di atas menuntut para guru untuk :

- (a) Mengetahui dan mempertimbangkan pengetahuan awal siswa (apersepsi),
- (b) Melibatkan siswa dalam kegiatan aktif (student centere),
- (c) Memperhatikan interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok.



D. Aktivitas Pembelajaran

Untuk lebih memahami tentang teori Anda dapat membaca secara mandiri berbagai artikel, *hand out* atau sumber bacaan yang lebih lengkap. Setelah itu lakukan kegiatan sesuai lembar kegiatan yang tersedia, hasil kerja yang telah dikembangkan diskusikan dengan rekan sejawat dan sebaiknya perwakilan peserta mempresentasikan hasil kerjanya, peserta lain menyimak presentasi dengan cermat dan serius sebagai penghargaan kepada pembicara.

Lembar Kerja B1.01

KAJIAN TOPIK TEORI BELAJAR

Tujuan Kegiatan: Melalui diskusi kelompok peserta diklat mampu mengidentifikasi konsep-konsep penting topik Teori Belajar dalam bentuk peta pikiran

Langkah Kegiatan:

1. Pelajari *hand out* tentang Teori-Teori Belajar
2. Identifikasi konsep-konsep penting yang ada pada topik Teori-Teori Belajar dan gambarkan dalam peta pikiran
3. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
4. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

Lembar Kerja B1.02

TEORI, MODEL, PENDEKATAN, STRATEGI, METODE, DAN TEKNIK PEMBELAJARAN

Tujuan Kegiatan : Melalui diskusi kelompok peserta mampu membedakan pengertian istilah Teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran

Langkah Kegiatan :

1. Pelajari *hand out* tentang teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran
2. Isilah lembar kerja yang tersedia dengan pengertian teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran secara singkat
3. Berikan contohnya sesuai dengan pembelajaran IPA
4. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
5. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

Format

	Teori	Model	Pendekatan	Metode	Strategi	Teknik
Pengertian						
Contoh						



Lembar Kerja B1.03

TEORI BELAJAR DAN PENERAPANNYA

Tujuan Kegiatan : Melalui diskusi kelompok peserta diklat mampu mendeskripsikan jenis-jenis teori belajar dan penerapannya dalam pembelajaran Fisika

Langkah Kegiatan :

1. Pelajari hand out tentang teori belajar
2. Isilah lembar kerja yang tersedia sesuai intruksi kerjanya
3. Berikan contohnya sesuai dengan pembelajaran Fisika
4. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
5. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

No	Teori Belajar	Uraian singkat	Penerapan pada PBM Fisika

E. Latihan/Kasus/Tugas

Setelah mempelajari materi Teori Belajar, silahkan Anda mencoba mengerjakan latihan soal secara mandiri selanjutnya diskusikan dalam kelompok. Kumpulkan hasil kerja tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan.

1. Cara pandang guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran dikenal dengan istilah....
 - A. metode pembelajaran
 - B. pendekatan pembelajaran
 - C. teknik mengajar
 - D. strategi mengajar

2. Model pembelajaran merupakan gambaran yang utuh tentang
 - A. langkah-langkah kegiatan guru
 - B. interaksi siswa dan sumber belajar
 - C. penyajian bahan pembelajaran
 - D. bagaimana siswa belajar



3. Suatu model pembelajaran memiliki karakteristik
 - A. adanya tahapan pembelajaran, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak pembelajaran
 - B. adanya metode yang digunakan, sarana pendukung, kriteria penampilan siswa, dan dampak pembelajaran,
 - C. prosedur ilmiah, kriteria model, kriteria siswa, dan spesifikasi lingkungan belajar
 - D. interaksi guru dengan siswa, sistem sosial, prinsip reaksi, dan sarana pendukung

4. Jika Anda akan mengajarkan siswa Anda bagaimana cara memperoleh konsep dan menggunakannya, pendekatan yang cocok digunakan adalah pendekatan....
 - A. konsep
 - B. lingkungan
 - C. keterampilan proses
 - D. sains-teknologi-masyarakat

5. Keunggulan Metode Ceramah adalah....
 - A. dapat menyampaikan materi lebih banyak dibandingkan dengan metode-metode yang lain
 - B. dapat menggunakan berbagai alat peraga dan pengembangan konsep terarah
 - C. guru dapat mengontrol siswa dan membimbing siswa dengan leluasa
 - D. guru dapat mengontrol waktu sehingga pencapaian tujuan lebih efektif

6. Salah satu teori belajar yang dirujuk saat ini adalah teori konstruktivisme. Prinsip pembelajaran konstruktivisme, siswa ...
 - A. membangun pemahaman oleh diri sendiri dari pengalaman-pengalaman baru berdasarkan pada pengalaman sebelumnya
 - B. bekerjasama dengan orang lain untuk mengembangkan kemampuan berkomunikasi dan kerja sama
 - C. belajar bertanggungjawab melalui kegiatan eksplorasi dan sosialisasi



- D. bekerjasama dengan orang lain untuk menciptakan pembelajaran adalah lebih baik dibandingkan dengan belajar sendiri.
7. Periode Operasi Kongkrit terdapat pada anak pada matang usia....
- A. 11,0 - > 15 tahun
 - B. 7,0 -11,0 tahun
 - C. 2,0 – 7,0 tahun
 - D. 0 – 2,0 tahun
8. Banyak definisi belajar yang dikemukakan pada pakar pendidikan, salah satunya adalah proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi).Teori tersebut adalah pendapat....
- A. Gagne
 - B. Peaget
 - C. Ausuble
 - D. Bandura
9. Dalam teori belajar menurut Peaget ada suatu proses yaitu proses penyesuaian struktur kognitif pembelajar dengan pengetahuan baru. Nama proses tersebut adalah....
- A. Enaktif
 - B. Asimilasi
 - C. Akomodasi
 - D. Ekuilibrasi
10. Berikut ini iklim pembelajaran yang sesuai dengan pandangan konstruktivisme kecuali....
- A. Siswa dipandang sebagai individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
 - B. Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.



- C. Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.
- D. tidak perlu interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok.

F. Rangkuman

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan siswa yang saling berinteraksi. Pendekatan merupakan cara pandang yang digunakan guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran. Strategi pembelajaran mencakup rencana, metode, dan perangkat kegiatan yang direncanakan untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu. Model Pembelajaran adalah pola pembelajaran yang mendeskripsikan kegiatan guru-siswa di dalam mewujudkan kondisi belajar atau sistem lingkungan yang menyebabkan terjadinya belajar pada siswa. Metode dalam konteks pendidikan adalah kumpulan prinsip yang terkordinir untuk melaksanakan pembelajaran, sedangkan dalam konteks pembelajaran, metode diartikan sebagai cara-cara menyajikan suatu bahan pelajaran pada situasi tertentu. Teknik mengajar menyangkut hal-hal yang spesifik yang dilakukan guru dalam mengelola pembelajaran.

Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai *teori-teori belajar*, yaitu: *teori belajar behaviorisme*, *teori belajar kognitivisme*, dan *teori belajar konstruktivisme*. Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori kognitif melihat perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak. Sedangkan teori konstruktivisme atau pandangan konstruktivisme, belajar sebagai sebuah proses di mana pelajar aktif membangun atau membangun ide-ide baru atau konsep.



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan latihan/tugas, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dalam memahami perbedaan antara teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik dalam pembelajaran serta teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah memadai silakan Anda terus mempelajari kegiatan pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih belum memadai, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan pembelajaran ini dengan lebih cermat, kreatif, disiplin dan jika memungkinkan diskusikan dengan rekan sejawat.

EVALUASI

1. Cara pandang guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran dikenal dengan istilah....
 - A. metode pembelajaran
 - B. pendekatan pembelajaran
 - C. teknik mengajar
 - D. strategi mengajar
2. Model pembelajaran merupakan gambaran yang utuh tentang
 - A. langkah-langkah kegiatan guru
 - B. interaksi siswa dan sumber belajar
 - C. penyajian bahan pembelajaran
 - D. bagaimana siswa belajar
3. Suatu model pembelajaran memiliki karakteristik
 - A. adanya tahapan pembelajaran, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak pembelajaran
 - B. adanya metode yang digunakan, sarana pendukung, kriteria penampilan siswa, dan dampak pembelajaran,
 - C. prosedur ilmiah, kriteria model, kriteria siswa, dan spesifikasi lingkungan belajar
 - D. interaksi guru dengan siswa, sistem sosial, prinsip reaksi, dan sarana pendukung
4. Jika Anda akan mengajarkan siswa Anda bagaimana cara memperoleh konsep dan menggunakannya, pendekatan yang cocok digunakan adalah pendekatan....
 - A. konsep
 - B. lingkungan
 - C. keterampilan proses
 - D. sains-teknologi-masyarakat



5. Keunggulan Metode Ceramah adalah....
 - A. dapat menyampaikan materi lebih banyak dibandingkan dengan metode-metode yang lain
 - B. dapat menggunakan berbagai alat peraga dan pengembangan konsep terarah
 - C. guru dapat mengontrol siswa dan membimbing siswa dengan leluasa
 - D. guru dapat mengontrol waktu sehingga pencapaian tujuan lebih efektif

6. Salah satu teori belajar yang dirujuk saat ini adalah teori konstruktivisme. Prinsip pembelajaran konstruktivisme, siswa ...
 - A. membangun pemahaman oleh diri sendiri dari pengalaman-pengalaman baru berdasarkan pada pengalaman sebelumnya
 - B. bekerjasama dengan orang lain untuk mengembangkan kemampuan berkomunikasi dan kerja sama
 - C. belajar bertanggungjawab melalui kegiatan eksplorasi dan sosialisasi
 - D. bekerjasama dengan orang lain untuk menciptakan pembelajaran adalah lebih baik dibandingkan dengan belajar sendiri.

7. Periode Operasi Kongkrit terdapat pada anak pada matang usia....
 - A. 11,0 - > 15 tahun
 - B. 7,0 -11,0 tahun
 - C. 2,0 – 7,0 tahun
 - D. 0 – 2,0 tahun

8. Banyak definisi belajar yang dikemukakan pada pakar pendidikan, salah satunya adalah proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrisasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi).Teori tersebut adalah pendapat....
 - A. Gagne
 - B. Peaget
 - C. Ausuble
 - D. Bandura



9. Dalam teori belajar menurut Peaget ada suatu proses yaitu proses penyesuaian struktur kognitif pebelajar dengan pengetahuan baru. Nama proses tersebut adalah....
- A. Enaktif
 - B. Asimilasi
 - C. Akomodasi
 - D. Equilibrasi
10. Berikut ini iklim pembelajaran yang sesuai dengan pandangan konstruktivisme kecuali....
- A. Siswa dipandang sebagai individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
 - B. Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
 - C. Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.
 - D. tidak perlu interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok

PENUTUP

Demikian telah kami susun Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Kelompok Kompetensi B untuk guru Fisika SMA. Modul ini diharapkan dapat membantu Anda meningkatkan pemahaman terhadap materi Teori-Teori Belajar dan selanjutnya dapat Anda implementasikan dalam pelaksanaan pembelajaran Fisika di sekolah masing-masing demi tercapainya pembelajaran yang berkualitas.

Materi yang disajikan dalam modul ini tidak terlalu sulit untuk dipelajari sehingga mudah dipahami. Modul ini berisikan konsep-konsep inti dan petunjuk-petunjuk praktis dalam pengembangan instrumen penilaian dengan bahasa yang mudah dipahami. Anda dapat mempelajari materi dan berlatih melalui berbagai aktivitas, tugas, latihan, dan soal-soal yang telah disajikan. Selanjutnya, Anda perlu terus memiliki semangat membaca bahan-bahan yang lain untuk memperluas wawasan tentang penyusunan instrumen penilaian.

Materi yang disajikan dalam modul ini disiapkan untuk guru pada kegiatan diklat baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi pedagogik yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi B. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan diklat ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, praktik pengembangan RPP dan latihan, dst.

Bagi Anda yang menggunakan modul ini dalam pelaksanaan moda tatap muka kombinasi (*in-on-in*), Anda masih perlu menyelesaikan beberapa kegiatan pembelajaran secara mandiri ataupun kolaboratif bersama rekan guru di sekolah masing-masing (*on the job learning*). Adapun pembelajaran mandiri yang perlu Anda lakukan adalah **LK.B1.03 Teori Belajar dan Implementasinya**, latihan soal pilihan ganda, dan latihan membuat soal. Produk pembelajaran yang telah Anda hasilkan selama *on the job learning* akan menjadi tagihan yang akan dipresentasikan dan dikonfirmasi pada kegiatan tatap muka kedua (*in-2*).



Akhirnya, tak ada gading yang tak retak, begitu pula dengan modul ini yang masih perlu terus kami perbaiki untuk mencapai taraf kualitas yang lebih baik lagi. Oleh karena itu, kami menunggu dan mengharapkan saran-saran yang konstruktif dan membangun untuk perbaikan modul ini lebih lanjut. Sekian dan terima kasih, semoga semua pengguna modul meraih kesuksesan, dan selalu mendapat ridho-Nya.

GLOSARIUM

- Akomodasi : Terjadi ketika individu menyesuaikan diri dengan informasi baru.
- Asimilasi : Terjadi ketika individu menggabungkan informasi baru ke dalam pengetahuan mereka yang sudah ada.
- Tahapan operasional konkret : Merupakan tahapan perkembangan kognitif dari Piaget (7-12 tahun). Anak-anak dapat melakukan operasi dan penalaran logis menggantikan pemikiran-pemikiran intuisi, sejauh penalaran dapat diterapkan ke dalam contoh-contoh yang spesifik atau konkret
- Skema : Suatu struktur kognitif yaitu suatu jaringan asosiasi yang mengorganisasikan dan memandu persepsi-persepsi individu.
- Slow learner : istilah ini diberikan untuk anak dengan kecerdasan lebih rendah dari rata-rata yang mungkin memiliki keterbelakangan mental atau mungkin hanya memiliki proses intelektual yang lambat. Istilah "lambat belajar" sering secara tidak tepat diterapkan untuk anak-anak dengan keterbelakangan mental ringan.
- Underachiever : orang, umumnya peserta didik, yang terus mencapai tingkat di bawah kemampuan mereka sudah terbukti. Prestasi rendah mungkin spesifik pada kemampuan analisis atau mungkin umum. Hal ini lebih umum terjadi pada laki-laki daripada perempuan dan sangat khas terjadi pada anak-anak cerdas bahkan berbakat. Hal ini kurang umum terjadi pada peserta didik dengan kemampuan rata-rata dan dengan kebutuhan khusus.
- Penempaan (forging) : proses pembentukan logam secara plastis dengan memberikan gaya tekan pada logam yang akan dibentuk.
- Pengerolan/
pencanaian (rolling) : proses pengurangan ketebalan atau proses pembentukan pada benda kerja yang panjang
- Ekstrusi (extruding) : proses pembentukan logam yang bertujuan untuk mereduksi atau mengecilkan penampang dengan cara menekan bahan logam melalui rongga cetakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Abu dan Supriono, Widodo. (1991). *Psikologi Pengajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Anon. (1982/1983). *Materi dasar pendidikan program bimbingan dan konseling, di Perguruan Tinggi, Buku IIC, Psikologi Pendidikan*. Jakarta: Depdikbud.
- Baharuddin dan Wahyuni, Nur. (2008). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Jogjakarta: Ar-Ruz Media Group.
- Biggs, JB. (1985). *The Role of Metalearning Study Process*. British Journal of Educational Psychology.
- Brian Miller June 14. (2010) *Overcoming Obstacles To Avoid*, diakses tanggal 10 September 2012. <http://www.learningsolutionsmag.com/articles/474/overcoming-obstacles-to-avoid->
- Budiningsih A. (2008). *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Frida, dkk. *Teori Belajar Behavioristik*. http://docs.docstoc.com/orig_2220649/44939785-d09c-4d54-b98f-ae5b1b9ed912.ppt. Diakses 17 Januari 2011.
- Hamalik, Oemar. (2007). *Psikologi Belajar dan Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algesindo Offset.
- Hergenhahn, B.R., Olson, Matthew H. (2008). *Theories of Learning (Teori Belajar), edisi ke-7*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Irawan, P. Suciati, dan Wardani. (1997). *Teori Belajar, Motivasi, dan Keterampilan Mengajar*. Jakarta : Depdikbud.
- Joyce, Bruce; Weil, Marsha, and Showers, Bweverly. (1996). *Models of Teaching*. Fifth Edition. Boston: allyn and Bacon.
- Muhibbinsyah. (1997). *Psikologi Pendidikan dengan Pendekatan Baru*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Novianty, (2008). *Teori-Teori Belajar yang Berpengaruh Terhadap Pelaksanaan Kbk* <http://sweetyhome.wordpress.com/2008/12/15/teori-belajar/>. Diakses 17 Oktober 2012.



- Rida, dkk. (2009). *Teori Belajar Aliran Psikologi Behavioristik, Kognitifistik Dan Humanistik*. <http://docs.docstoc.com/orig/1594716/9222ca26-61c6-4564-a5db-c0751a600084>. Diakses 17 Januari 2011.
- Slameto. (1995). *Psikologi Pendidikan: Landasan Kerja Pemimpin Pendidikan*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Social Learning Theory (Bandura)*. Diakses dari <http://www.learning-theories.com/social-learning-theory-bandura.html>
- Sudjana, Nana. (1989). *Teori-teori Belajar Untuk Pengajaran*. Jakarta: UI Press.
- Syah, Muhibbin. (2009). *Psikologi Belajar*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada
- Tim Penulis Buku Psikologi Pendidikan. (1997). *Psikologi Pendidikan*. Yogyakarta: UPP IKIP Yogyakarta.
- Tobing, Rangke L, Setia Adi, Hinduan, (1990). *Model-Model mengajar Metodik Khusus Pendidikan Ilmu pengetahuan Alam Sekolah Dasar*, makalah dalam penataran Calon Penatar Dosen Pendidikan Guru SD (Program D-II).
- Tuti Sukamto dan Udin Saripudin Winataputra. (1995). *Teori Belajar dan Model-model Pembelajaran*. Jakarta: Depdikbud.
- Winataputra, Udin. (1992/1993). *Materi pokok Strategi Belajar Mengajar IPA*. Modul 1-9. Jakarta: Depdikbud.
- BNSP. (2006). *Standar Kompetensi Mata pelajaran IPA untuk SD/MI*, Jakarta: BNSP.
- Donald R, Daugs and Jay A. Monson, (tanpa tahun), *Science, Technology, and Society A Primer for Elementary Teachers*, Logan: Utah State University.
- Friedl, Alfred E. (1986). *Teaching Science to Children: An Integrated Approach*, New York: Random House
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_theory_\(education\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_theory_(education)) Last update Desember 2015
- <http://teachinglearningresources.pbworks.com/w/page/19919565/Learning%20Theories>. Last update Desember 2015
- Indrawati. (2007). *Teori Pembelajaran Pemrosesan Informasi*, Bandung, PPPG IPA
- Joyce and Weil. (1986). *Models of Teaching*, Second Edition, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- (1992). *Models of Teaching*, Fourt Edition, Boston: Allyb and Bacon.



- Syaiful Sagala. (2005). *Konsep dan Makna Pembelajaran*, Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Tobing, Rangke L , Setia Adi, Hinduan. (1990). *Model-Model mengajar Metodik Khusus Pendidikan Ilmu pengetahuan Alam Sekolah Dasar*, makalah dalam penataran Calon Penatar Dosen Pendidikan Guru SD (Program D-II).
- Wilkins, Robert A. (1990). *Model Lessons Bridging the gap between models of teaching and classroom application*, Curtin University of Technology.

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN KIMIA SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN KARAKTER

KELOMPOK KOMPETENSI B

SIFAT MEKANIKA BAHAN, KESETIMBANGAN BENDA TEGAR, USAHA, DAYA, DAN ENERGI

■ Wandy Praginda, S.Pd., M.Si.



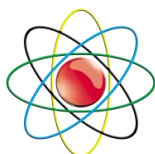
Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

**MATA PELAJARAN FISIKA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)
KELOMPOK KOMPETENSI B**

**SIFAT MEKANIKA BAHAN;
KESETIMBANGAN BENDA TEGAR;
GESEKAN; USAHA, DAYA, DAN
ENERGI**

**Penyusun:
Wandy Praginda, S.Pd., M.Si.**



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2017

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

**MATA PELAJARAN FISIKA
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)
KELOMPOK KOMPETENSI B**

**SIFAT MEKANIKA BAHAN;
KESETIMBANGAN BENDA TEGAR;
GESEKAN; USAHA, DAYA, DAN ENERGI**

Penanggung Jawab
Dr. Sediono Abdullah

Penyusun
Wandy Praginda, S.Pd., M.Si. 022-4231191 *oneddy31.cdetep@gmail.com*

Penyunting
Drs. Iwan Heryawan, M.Si.

Penelaah
Dr. Ida Kaniawati, M.Si.
Dr. Andi Suhandi, M.Si.

Penata Letak
Dedi Mulyadi

Copyright © 2017
*Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
*Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial
tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui Pembinaan Karier Guru salah satunya untuk meningkatkan kompetensi guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG yang pada tahun 2017 dilaksanakan melalui program Pembinaan Karier Guru melalui peningkatan Kompetensi. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (dalam jaringan), serta campuran (daring kombinasi) tatap muka dan dalam jaringan.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam



mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi yang dilaksanakan melalui modalitas diklat tatap muka dan daring untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Pengembangan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Februari 2017
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 195908011985032001

KATA PENGANTAR

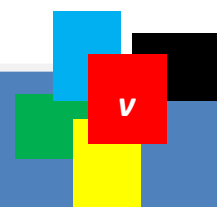
Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Pembinaan Karier Guru Pembelajar Mata Pelajaran Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru pasca UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.

Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau email p4tkipa@yahoo.com.





Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara dan Staf PPPPTK IPA, Dosen dan Guru yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan Kompetensi Guru IPA di Indonesia.

Bandung, Februari 2017
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002



DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
PENDAHULUAN	
	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	2
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
PEMBELAJARAN	
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: <i>Sifat Mekanika Bahan</i>	8
A. Tujuan	9
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	10
C. Uraian Materi	10
D. Aktivitas Pembelajaran	24
E. Latihan/Kasus/Tugas	35
F. Rangkuman	37
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	37
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: <i>Keseimbangan Benda Tegar</i>	38
A. Tujuan	39
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	39
C. Uraian Materi	39
D. Aktivitas Pembelajaran	66



E. Latihan/Kasus/Tugas	80
F. Rangkuman	83
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	85
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: Gesekan	86
A. Tujuan	87
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	87
C. Uraian Materi	87
D. Aktivitas Pembelajaran	101
E. Latihan/Kasus/Tugas	113
F. Rangkuman	115
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	116
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4: Usaha, Daya, dan Energi	117
A. Tujuan	118
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	118
C. Uraian Materi	119
D. Aktivitas Pembelajaran	128
E. Latihan/Kasus/Tugas	154
F. Rangkuman	157
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	158

KUNCI JAWABAN	159
EVALUASI	161
PENUTUP	166
DAFTAR PUSTAKA	167
GLOSARIUM	168
Lampiran 1. Peta Kompetensi Profesional Guru Mata Pelajaran Fisika SMA	
Lampiran 2. Kisi-Kisi Ujian Sekolah Berstandar Nasional Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah Kurikulum 2013 Tahun Pelajaran 2016/2017	
Lampiran 3. Kisi-Kisi Ujian Sekolah Berstandar Nasional Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah Kurikulum 2006 Tahun Pelajaran 2016/2017	
Lampiran 4. Kisi-Kisi Penulisan Soal	
Lampiran 5. Kartu Soal (Pilihan Ganda)	
Lampiran 6. Kartu Soal (Uraian)	
Lampiran 7. Instrumen Telaah Soal Hots Bentuk Tes Pilihan Ganda	
Lampiran 8. Instrumen Telaah Soal Hots Bentuk Tes Uraian	



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar I	Alur Strategi Pelaksanaan Pembelajaran Tatap Muka	3
Gambar II	Alur Pembelajaran Tatap Muka Penuh	4
Gambar III	Alur Pembelajaran Tatap Muka Kombinasi (in-on-in)	6
Gambar 1.1	Tali penyangga Jembatan Pasupati Bandung, Jawa Barat	8
Gambar 1.2	Susunan benda elastis secara seri	12
Gambar 1.3	Dua benda elastis yang tersusun secara parallel. (a) sebelum diberi beban dan (b) setelah diberi beban	13
Gambar 1.4	Bahan ditarik dengan gaya tertentu mengalami pertambahan panjang	16
Gambar 1.5a	Diagram Tegangan Regangan	17
Gambar 1.5b	Grafik perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium	17
Gambar 1.6	Respon balok yang dikenai gaya geser	21
Gambar 1.7	Besaran-besaran yang mempengaruhi bentuk benda yang dikenai gaya geser	21
Gambar 1.8	Bahan mengalami penyusutan volum ketika dikenai tekanan dari segala arah	22
Gambar 2.1	Jembatan Pasupati yang ditahan oleh kabel baja dan satu tiang penyangga	38
Gambar 2.2	Gerak umum benda dengan lintasan lurus	41
Gambar 2.3	Gerak benda dengan lintasan parabola	41
Gambar 2.4	Gerak menggelinding	41
Gambar 2.5	Gerak Lurus sebuah balok	42



Gambar 2.6	Posisi partikel 1 dan partikel 2 dalam sistem koordinat	42
Gambar 2.7	Benda bisa dianggap tersusun dari banyak partikel, yang ditandai dengan bulatan	44
Gambar 2.8	Arah gaya gravitasi pada partikel penyusun benda	44
Gambar 2.9	Batang kayu homogen	46
Gambar 2.10	Gaya yang bekerja pada balok yang diam	47
Gambar 2.11	Benda berada dalam keadaan diam, karena jumlah semua gaya yang bekerja padanya bernilai nol	48
Gambar 2.12	Batang berotasi	49
Gambar 2.13	Dua buah benda berada pada kedua ujung jungkat jungkit	50
Gambar 2.14	Gaya yang diakibatkan oleh benda bermassa pada papan jungkat-jungkit sebenarnya merupakan gaya berat (w). Ditulis F saja biar Anda bisa langsung nyambung dengan persamaan tors	50
Gambar 2.15	Sebuah bola digantung dengan seutas tali	52
Gambar 2.16	Gaya-gaya yang bekerja pada kelereng di dalam sebuah mangkuk	52
Gambar 2.17	Balok dalam berbagai posisi	53
Gambar 2.18	Posisi titik berat dan titik tumpu pada berbagai posisi balok (<i>bergerak ke kanan</i>)	53
Gambar 2.19	Posisi titik berat dan titik tumpu pada berbagai posisi balok (<i>bergerak ke kiri</i>)	54
Gambar 2.20	Balok dalam keseimbangan labil	54
Gambar 2.21	Keseimbangan labil sebuah bola	55
Gambar 2.22	Bola dalam keseimbangan netral	55
Gambar 2.23	Silinder dalam keseimbangan netral	55
Gambar 3.1	Gesekan ban mobil pada tanah kering menyebabkan mobil dapat melaju	86
Gambar 3.2a	Daerah kontak mikroskopik antara kotak dan meja hanyalah bagian kecil dari daerah kontak mikroskopik. Bagian ini sebanding dengan gaya normal yang dikerjakan antara permukaan-permukaan.	87



Gambar 3.2b	Grafik gaya gesek statis, gaya gesek statis maksimum, dan gaya gesek kinetik	88
Gambar 3.3	Gaya gesekan statik	90
Gambar 3.4	Menentukan Koefisien gesekan	91
Gambar 3.5	Bidang miring	92
Gambar 3.6	Diagram Lepas Balok Berhubungan	92
Gambar 4.1	Hukum kekekalan energi pada aktifitas memanah	117
Gambar 4.2	Gaya melakukan usaha ketika memindahkan sebuah benda	120
Gambar 4.3	Komponen gaya pada arah mendatar	121
Gambar 4.4	Lintasan mana pun yang ditempuh benda, apakah lintasan 1, lintasan 2, atau lintasan 3, usaha yang dilakukan gaya konservatif untuk memindahkan benda dari posisi awal ke posisi akhir sama	124

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel I	Daftar Lembar Kerja Modul Profesional KK B	7
Tabel 1.1	Nilai Modulus Young Berbagai Bahan	18
Tabel 1.2	Massa Jenis Beberapa Bahan	25



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru mempunyai kewajiban untuk selalu memperbaharui dan meningkatkan kompetensinya melalui kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan (PKB) sebagai esensi dari pembelajar sepanjang hayat. Dalam rangka mendukung pengembangan pengetahuan dan keterampilan, dikembangkan modul untuk pembinaan karier guru yang berisi topik-topik penting. Modul yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan kesempatan lebih kepada guru agar belajar mandiri dan aktif. Modul ini juga dapat digunakan oleh guru sebagai bahan ajar dalam kegiatan diklat tatap muka langsung atau diklat tatap muka kombinasi (*in-on-in*).

Modul pengembangan keprofesian berkelanjutan yang berjudul “Sifat Mekanika Bahan, Keseimbangan Benda Tegar, Gesekan, Usaha, Daya dan Energi” merupakan modul untuk kompetensi profesional guru pada Kelompok Kompetensi B (KK B) SMA. Materi pada modul dikembangkan berdasarkan kompetensi profesional guru pada Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007.

Setiap materi bahasan dikemas dalam kegiatan pembelajaran yang memuat tujuan, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, aktivitas pembelajaran, latihan/kasus/tugas, rangkuman, umpan balik, dan tindak lanjut. Pada setiap komponen modul yang dikembangkan telah diintegrasikan beberapa nilai karakter bangsa, baik secara eksplisit maupun implisit yang dapat diimplementasikan selama aktivitas pembelajaran dan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendukung pencapaian revolusi mental bangsa. Integrasi ini merupakan salah satu cara **perwujudan kompetensi sosial dan kepribadian guru (Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007)** dalam bentuk modul. Selain itu,



disediakan latihan soal bentuk pilihan ganda, yang berfungsi sebagai model bagi guru dalam mengembangkan soal-soal UN/USBN di daerahnya masing-masing.

Pada bagian pendahuluan modul diinformasikan mengenai tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru, Peta Kompetensi yang harus dikuasai guru pada KK B, Ruang Lingkup, dan Cara Penggunaan Modul. Pembelajaran melalui modul ini diakhiri dengan evaluasi untuk mengetahui tingkat penguasaan konsep guru terhadap materi yang dipelajari.

B. Tujuan

Setelah mempelajari modul PKB KK B dengan kerja keras, kerja sama dan penuh tanggungjawab, diharapkan Anda dapat meningkatkan kompetensi profesional sebagai guru fisika berupa tingkat pemahaman, penerapan, dan analisis terkait dengan kajian materi sifat mekanika bahan, kesetimbangan benda tegar, gesekan, usaha energi, dan daya.

C. Peta Kompetensi

Modul KK B ini dikembangkan berdasarkan peta kompetensi yang telah dirumuskan dan menjadi acuan serta arahan bagi penulis dan Anda sebagai pengguna modul. Peta kompetensi ini berisi komponen inti, komponen guru mata pelajaran, dan indikator esensial atau indikator pencapaian kompetensi (IPK). Silahkan Anda lihat peta kompetensi terlebih dahulu pada lampiran 1. Adapun Kompetensi inti yang diharapkan setelah guru belajar dengan menggunakan modul ini adalah menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran Fisika di SMA.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada modul secara umum meliputi beberapa bagian, yaitu:

1. **Pendahuluan** berisi latar belakang, tujuan belajar, peta kompetensi kompetensi guru yang diharapkan dicapai, ruang lingkup dan saran penggunaan modul;
2. **Kegiatan Pembelajaran**, berisi kegiatan pembelajaran 1, 2 dan seterusnya sampai materi n. Setiap kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut;



3. **Evaluasi** secara keseluruhan agar Anda dapat melakukan *self assesment*, sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan diri sendiri, dan bagian;

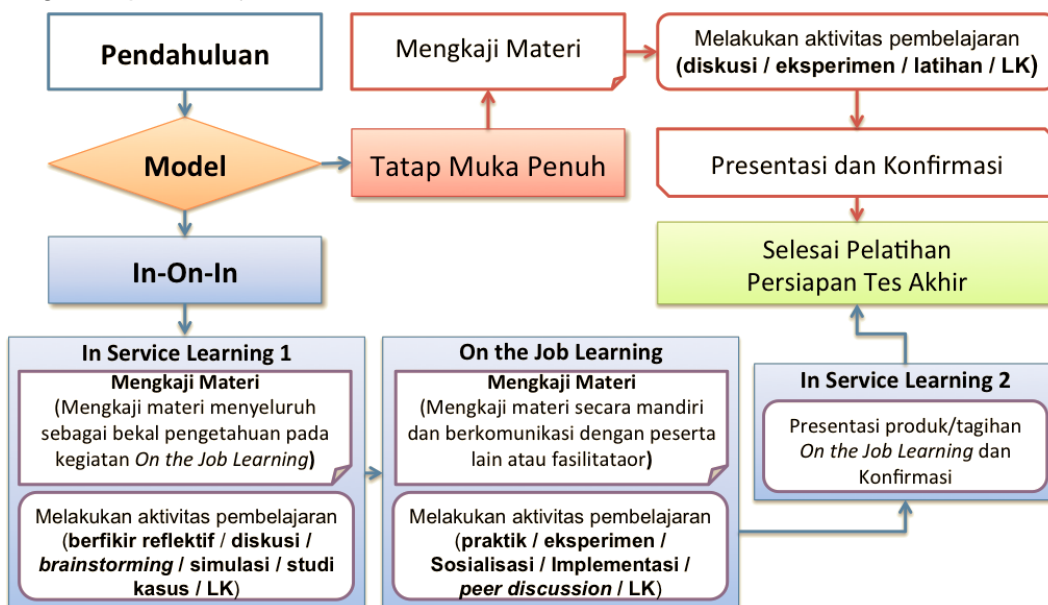
4. **Penutup.**

Adapun secara khusus, rincian materi kegiatan pembelajaran pada modul KK B meliputi:

1. **Sifat mekanika bahan:** rapat massa (massa jenis), elastisitas, modulus Elastisitas, modulus *Bulk*, modulus geser.
2. **Keseimbangan Benda Tegar:** Pusat Massa, Penentuan Posisi Pusat Massa, Titik Berat, Syarat-syarat Keseimbangan Statis, sistem gaya pada keseimbangan, pusat gravitasi, benda dalam keseimbangan. Jenis-jenis keseimbangan, dan Penerapan Keseimbangan pada Bidang Konstruksi.
3. **Gesekan:** Gaya Gesekan Statis, Gaya Gesekan Kinetis, gaya Gesekan dalam Kehidupan Sehari-hari:
4. **Usaha, Daya, dan Energi:** Usaha, Teorema Usaha Energi, Daya, Gaya Konservatif, Energi Potensial, Energi mekanik dan Usaha oleh Gaya Pegas.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap aktivitas pembelajaran disesuaikan dengan skenario setiap penyajian mata diklat. Modul ini dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran oleh guru dengan moda tatap muka penuh, atau moda tatap muka kombinasi (*in-on-in*). Berikut ini gambar yang menunjukkan langkah-langkah kegiatan pembelajar secara umum.



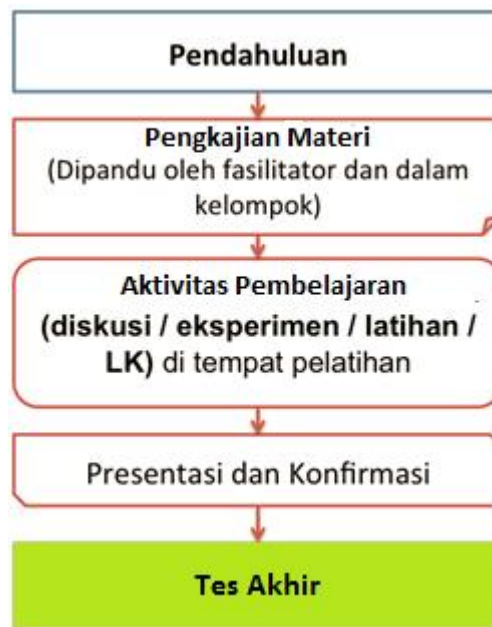
Gambar I. Alur Strategi Pelaksanaan Pembelajaran Tatap Muka



Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat terdapat dua alur kegiatan pelaksanaan kegiatan, yaitu diklat tatap muka penuh dan diklat tatap muka kombinasi (*In-On-In*). Deskripsi kedua jenis diklat tatap muka ini terdapat pada penjelasan berikut

1. Kegiatan Diklat Tatap Muka Penuh

Kegiatan tatap muka penuh ini dilaksanakan secara terstruktur yang di pandu oleh fasilitator. Pelaksanaan pembelajaran tatap muka penuh menggunakan alur berikut ini.



Gambar II. Alur Pembelajaran Tatap Muka Penuh

a) *Pendahuluan*

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada Anda untuk mempelajari latar belakang yang memuat gambaran materi, tujuan kegiatan pembelajaran setiap materi, kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul, ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran, cara penggunaan modul.

b) *Pengkajian materi*

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada Anda untuk mereview kembali dengan cara mempelajari materi pada setiap kegiatan pembelajaran yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Pelajari uraian materi sampai tuntas, selanjutnya buatlah rangkuman dalam bentuk peta konsep (*mindmap*) sesuai



keaktifitas Anda. Tahapan pengkajian materi dapat dilakukan secara individual atau berkelompok.

c) *Aktivitas pembelajaran*

Pada kegiatan ini Anda melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada bagian modul, yaitu: bagian **1. Diskusi Materi, 2. Praktik, 3. Penyusunan Soal UN/USBN dan mengisi soal Latihan.** Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan, dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.

d) *Presentasi dan Konfirmasi*

Pada tahapan ini Anda menyampaikan hasil pengkajian materi dan hasil aktivitas pembelajaran berupa peta konsep (*mindmap*), laporan hasil praktikum dan Naskah soal UN/USBN. Peserta lain diharapkan secara empati menyimak presentasi Anda dengan cermat dan serius sebagai bentuk penghargaan kepada Anda sebagai presenter. Setelah presentasi dilakukan, peserta lain menanggapi hasil presentasi sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi yang dipresentasikan untuk menyamakan persepsi. Pada tahap ini diharapkan Anda dan peserta diklat lainnya saling memberikan masukan pemikiran untuk memperkaya agar materi bahasan lebih dalam lagi.

e) *Refleksi Kegiatan*

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji merefleksikan penguasaan materi setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran. Tentunya banyak manfaat, pengalaman dan hal-hal baru yang telah Anda peroleh yang nantinya dapat dikaitkan dengan tugas pokok Saudara sebagai guru di sekolah/madrasah. Silahkan Anda menuliskan berbagai manfaat, pengalaman dan hal-hal baru terkait materi sebagai salah satu bentuk refleksi selama Anda melaksanakan pembelajaran ini

2. Deskripsi Kegiatan diklat Tatap Muka Kombinasi (*In-On-In*)

Kegiatan diklat tatap muka kombinasi (*in-on-in*) terdiri atas tiga kegiatan, yaitu tatap muka kesatu (*in-1*), penugasan (*on the job learning*), dan tatap muka kedua (*in-2*). Secara umum, kegiatan pembelajaran diklat tatap muka kombinasi tergambar pada alur berikut ini.



Gambar III. Alur Pembelajaran Tatap Muka Kombinasi (*in-on-in*)

Pada Kegiatan *in-1*, Anda mempelajari pendahuluan, uraian materi, dan mengerjakan aktivitas pembelajaran bagian 1. **Diskusi Materi** di tempat diklat.

Pada Kegiatan *on the job learning* Anda melakukan Aktivitas Pembelajaran bagian 2. **Melakukan Praktik**, bagian 3. **Mengisi Latihan** dan bagian 4. **Menyusun Soal UN/USBN**, di tempat kerja masing.

Pada Kegiatan *in-2*, Anda melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan yang dilakukan selama *on the job learning* yang difasilitasi oleh narasumber/instruktur nasional.

Sebagai cara Anda untuk mempelajari materi, modul ini telah dilengkapi dengan kegiatan pembelajaran yang dapat Anda lihat pada bagian Aktivitas Pembelajaran (bagian E) di setiap Kegiatan pembelajaran (KP). Anda dapat melakukan Aktivitas pembelajaran dengan dipandu menggunakan Lembar Kegiatan (LK). Pada kegiatan diklat tatap muka kombinasi, beberapa LK dikerjakan pada *in-1* dan beberapa LK dikerjakan pada saat *on the job learning*. Hasil implementasi LK pada *on the job learning* menjadi tagihan pada kegiatan



in-2. Berikut ini daftar pengelompokkan Lembar Kegiatan (LK) pada setiap tahap kegiatan tatap muka kombinasi.

Tabel I. Daftar Lembar Kerja Modul Profesional KK B

No	Kode Lembar Kerja	Nama Lembar Kerja	Tahap Pelaksanaan
1.	LK-1.1	Rapat Massa	IN 1
2.	LK-1.2	Modulus Young	OJL
3.	LK-1.3	Hukum Hooke's	In 1
4.	LK-1.4	Regangan & Tegangan	OJL
5.	LK-2.1	Titik Berat	In 1
6.	LK-2.2	Torsi	OJL
7.	LK-2.3	Syarat Keseimbangan	In 1
8.	LK-2.4	Keseimbangan	OJL
9.	LK-3.1	Gaya Gesek	In 1
10.	LK-3.2	Koefisien Gesekan	OJL
11.	LK-3.3	Gesekan Statis antara Dua Permukaan	OJL
12.	LK-3.4	Gesekan pada Bidang Miring	OJL
13.	LK-3.5	Gesekan Kinetis	In 1
14.	LK-3.6	Kerja Berpasangan	In 1
15.	LK-3.7	Kerja Kelompok	In 1
16.	LK-4.1	Usaha pada Bidang Datar	In 1
17.	LK-4.2	Usaha pada Bidang Miring	OJL
18.	LK-4.3	Menganalisis Teorama Usaha Energi	In 1
19.	LK-4.4	Menghitung Daya dalam Aplikasi	In 1
20.	LK-4.5	Daya	OJL
21.	LK-4.6	Membedakan Gaya Konservatif dan Gaya non Konservatif	In 1
22.	LK-4.7	Menghitung Energi Potensial pada Medan Gravitasi Bumi	In 1
23.	LK-4.8	Menghitung Energi Mekanik benda yang dikenai gaya konservatif maupun gaya non konservatif	In 1
24.	LK-4.9	Kekekalan Energi Mekanik	OJL
25.	LK-4.10	Hukum Kekekalan Energi	In 1
26.	LK-4.11	Energi Pegas	In 1
27.	E.b (Semua KP)	Pengembangan Soal	OJL

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

SIFAT MEKANIKA BAHAN



Gambar 1.1. Tali penyangga Jembatan Pasupati Bandung, Jawa Barat

Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita temukan peralatan, konstruksi bangunan atau benda-benda yang menggunakan bahan atau material seperti kayu, logam, plastik, dll. Penggunaan bahan-bahan tersebut akan mengalami pembebanan atau gaya, sebagai contoh tali penyangga jembatan yang terbuat dari bahan logam khusus, paduan aluminium yang digunakan untuk bahan konstruksi sayap

pesawat dan baja sebagai poros pada mobil atau engsel pada pintu.

Mengapa bahan-bahan tersebut dapat menopang, menyangga, menarik, dan menahan pada peralatan atau konstruksi bangunan yang kita buat dalam kehidupan sehari-hari? Mengapa kita sering juga mendengar adanya jembatan yang roboh, per mobil yang patah, ubin rumah yang melenting, kusen bangunan yang membengkok dan *crane* yang roboh, seperti yang pernah terjadi di Arab Saudi? Padahal secara kasat mata konstruksi-konstruksi tersebut terlihat kuat dan kokoh. Itulah pertanyaan menarik yang akan menjadi kajian pada topik sifat mekanik bahan.

Sifat mekanik bahan merupakan salah satu sifat penting, karena menyatakan kemampuan bahan (termasuk juga komponen yang terbuat dari bahan tersebut) menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Sifat-sifat mekanik bahan merefleksikan hubungan antara pembebanan yang diterima bahan dengan reaksi yang diberikan atau deformasi yang akan terjadi. Sifat-sifat ini didapat dengan melakukan uji laboratorium yang didesain secara teliti yang dapat merepresentasikan sedekat mungkin kondisi sebenarnya. Sifat-sifat mekanik bahan mendapat perhatian



berbagai pihak seperti para produsen dan konsumen dari suatu material, organisasi-organisasi penelitian, dan agen-agen pemerintah yang masing-masing mempunyai kepentingan dan tujuan tersendiri.

Sebagai konsekuensinya, perlu adanya suatu konsistensi dalam pengujian yang dilakukan sesuai dengan standar yang diinginkan. *The American Society for Testing and Materials* (ASTM) merupakan sebuah organisasi yang sangat aktif di Amerika terkait dengan pengujian bahan untuk berbagai penggunaan dalam kehidupan. Sedangkan di Indonesia, lembaga yang menangani pengujian bahan terdapat di Pusat Penelitian Metalurgi dan Materil - LIPI dan di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Pengetahuan sifat mekanik bahan tentunya dapat memaksimalkan fungsi dari bahan yang sering kita gunakan dalam berbagai keperluan. Oleh sebab itu, pengetahuan sifat mekanik bahan sangat penting untuk diketahui dan dipahami baik oleh siswa, guru maupun oleh khalayak masyarakat.

Materi sifat mekanik bahan terdapat pada mata pelajaran fisika SMA. Pada Kurikulum 2013 disajikan di kelas X semester 2 dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut, KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3) **Aspek Pengetahuan**: 3.4 *Menganalisis hubungan antara gaya dan gerak getaran*. KD dari KI 4 **Aspek Keterampilan**: 4.4 *Merencanakan dan melaksanakan percobaan getaran harmonis pada ayunan bandul dan getaran pegas*.

Dengan demikian agar dapat mengajarkan materi sifat mekanik bahan kepada siswa, guru disarankan memiliki kompetensi terkait materi tersebut. Kompetensi guru yang akan dikembangkan melalui modul ini adalah: “20.1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika, serta penerapannya secara fleksibel”, dengan sub kompetensi “Menjabarkan konsep dan teori rapat massa (massa jenis) benda padat, elastisitas, Modulus Young, modulus bulk dan modulus geser” Kompetensi ini dapat dicapai jika guru belajar materi ini dengan kerja keras, profesional, kreatif dalam melakukan tugas sesuai instruksi pada bagian aktivitas belajar yang tersedia, disiplin dalam mengikuti tahap-tahap belajar serta bertanggung jawab dalam membuat laporan atau hasil kerja.

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

1. memahami konsep dasar sifat mekanika bahan melalui kajian materi;
2. melakukan praktik/percobaan untuk memahami rapat massa benda padat, elastisitas, Modulus Young, Modulus Bulk dan modulus Geser dengan teliti;



3. menyelesaikan soal-soal yang berkaitan dengan konsep rapat massa, elastisitas, modulus bulk, dan modulus geser.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Indikator ketercapaian yang diharapkan adalah Anda dapat:

1. mengukur rapat massa (*massa jenis*) benda padat;
2. membandingkan nilai elastisitas antara susunan seri dan paralel ;
3. mengenali fenomena tegangan dan regangan;
4. menghitung nilai Modulus *Young* suatu bahan;
5. menghitung nilai Modulus Bulk;
6. menghitung nilai Modulus Geser.

C. Uraian Materi

Dalam pemilihan bahan untuk suatu produk, perancang harus memperhatikan sifat-sifat bahan seperti kekuatan (*strength*), keuletan (*ductility*), kekerasan (*hardness*) atau kekuatan luluh (*fatigue strength*), kekenyalan (*elasticity*), kekakuan (*stiffness*), ketangguhan (*toughness*), kelelahan (*fatigue*), plastisitas (*plasticity*), dan melar (*creep*). Sifat mekanik didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, atom-atom atau struktur molekul berada dalam kesetimbangan. Gaya ikatan pada struktur menahan setiap usaha untuk mengganggu kesetimbangan ini, misalnya gaya luar atau beban.

Berbagai macam sifat mekanik bahan dapat juga dibedakan menurut cara pembebanannya yaitu **Sifat Mekanik Statik** (sifat terhadap beban statik yang besarnya tetap atau berubah secara lambat), dan **Sifat Mekanik Dinamik** (sifat mekanik terhadap beban yang berubah-ubah atau beban tiba-tiba). Besaran-besaran yang berkaitan dengan sifat mekanik bahan antara lain, yaitu:

1. Kerapatan

Sebelum membahas lebih jauh sifat mekanik bahan, terlebih dahulu akan dijelaskan sifat dasar suatu bahan, yaitu rapat massa (*massa jenis*). Rapat massa merupakan besaran yang menyatakan ukuran kerapatan partikel-partikel menyusun bahan atau benda dan dinyatakan dengan hubungan secara umum:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

dengan m adalah massa bahan (kg), dan V adalah volume bahan (m^3) dan satuan rapat massa adalah $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Contohnya kerapatan air adalah 1000 kg/m^3 atau 1 kg/L , sedangkan dalam satuan cgs kerapatan air adalah 1 g/cm^3 . Kerapatan air berubah dengan berubahnya temperature. Persamaan 1.1 menyatakan nilai maksimumnya, yang terjadi pada suhu 4°C .

Jika Anda membandingkan kerapatan suatu benda terhadap kerapan air, dalam sebuah sistem terpadu antara air dan benda, maka akan didapatkan fenomena fisis yang dapat anda amati. Bila kerapan benda lebih besar lebih besar dari kerapatan air, maka benda akan tenggelam dalam air. Bila kerapatannya lebih kecil, benda akan mengapung.

Rasio kerapatan sebuah zat terhadap kerapatan air dinamakan **berat jenis** zat itu. Berat Jenis suatu bahan adalah bilangan tak berdimensi yang sama dengan besarnya kerapatan ini bila dinyatakan dalam gram per centimeter kubik (atau dalam kilogram perliter. Berat jenis suatu zat dapat diperoleh dengan membagi kerapatannya dengan 10^3 kg/m^3 . Sebagai contoh, berat jenis aluminium adalah 2,7 dan berat jenis es adalah 0,92.

Mari kita tinjau makna fisis salah satu contoh benda, yaitu es. Data menunjukkan bahwa es memiliki kerapatan mendekati $0,92 \text{ g/cm}^3$ dan berat jenis 0,92. Fenomena fisis yang terjadi pada es ketika dicelupkan di dalam air adalah es terapung di air dengan sekitar 92 persen volumenya tenggelam. Berat jenis benda-benda yang keseluruhan tenggelam air berkisar 1 sampai sekitar 22,5 (untuk elemen yang paling padat osmium)

Walaupun kebanyakan zat padat dan cairan mengembang sedikit bila dipanaskan dan menyusut sedikit bila dipengaruhi pertambahan tekanan eksternal, perubahan dalam volume ini relative kecil, sehingga dapat dikatakan bahwa kerapatan kebanyakan zat padat dan cairan hamper tidak bergantung pada tekanan dan temperatur. Sebaliknya kerapatan gas sangat tergantung pada tekanan dan temepratur, sehingga temperature dan tekanan harus dinyatakan bila memberikan nilai kerapatan gas. Kerapatan dinyatakan dalam kondisi standar yaitu tekanan pada atmosfer pada ketinggian air laut dan temperature 0°C

Dalam satuan di Amerika sehari-hari, istilah **kerapatan berat** (yang didefinisikan sebagai rasio berat sebuah benda terhadap volumenya) seringkali digunakan. Kerapatan berat adalah hasil kali kerapatan suatu zat ρ dengan percepatan gravitasi g :

$$\rho \cdot g = \frac{W}{V} = \frac{m \cdot g}{V}$$

Sebagai contoh kerapatan berat air adalah $62,4 \text{ lb/ft}^3$. Kerapatan berat setiap bahan lain dapat diperoleh dengan mengalikan berat jenisnya dengan $62,4 \text{ lb/ft}^3$.



2. Elastisitas

Elastisitas dapat ditinjau dari dua sudut pandang yang berbeda. Pertama elastisitas merupakan sifat dari bentuk benda dengan struktur pegas, dan kedua elastisitas merupakan karakteristik sifat bahan yang dapat mulur. Untuk tinjauan pertama, berlaku Hukum Hooke ($F = k \cdot \Delta x$), sedangkan untuk tinjauan kedua, berlaku konsep Modulus elastisitas, atau dikenal dengan nama modulus Young ($Y = \text{tegangan}/\text{regangan}$). Untuk modulus Young akan dibahas pada topik selanjutnya. Silahkan Anda terlebih dahulu meninjau elastisitas sebagai sifat dari bentuk benda dengan struktur pegas.

Ambil sebuah pegas, lalu tariklah salah satu ujung dan ujunglainnya berada di posisi tetap. Tampak bahwa panjang pegas bertambah. Namun, begitu tarikan dilepaskan, pegas kembali ke panjang semula. Sebaliknya, jika pegas diberi gaya dengan cara menekan kedua ujungnya maka panjang pegas berkurang. Namun, begitu gaya dihilangkan, pegas akan kembali ke panjang semula. Inilah bentuk makna fisis dari elastisitas yang merupakan sifat dari bentuk benda dengan struktur pegas

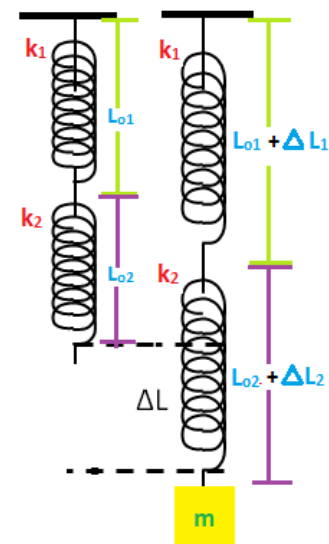


Karakter Religius

Tidak memaksakan kehendak merupakan wujud fleksibilitas dan toleran diri kita terhadap orang lain. Karakter ini seperti pegas yang dinamis namun tetap fleksibel setelah diberi gaya luar tertentu.

Namun, besar tarikan atau tekanan yang diberikan tidak boleh terlalu besar. Jika pegas ditarik cukup jauh, bisa terjadi setelah tarikan dihilangkan, panjang akhir pegas lebih besar daripada panjang semula. Begitu pula jika pegas ditekan cukup jauh dapat menyebabkan panjang akhir pegas lebih kecil daripada panjang semula. Kondisi ini terjadi karena pegas telah melampaui batas elastisitasnya dan pegas dapat menjadi tidak elastis. Dengan demikian dapat dikatakan bahan apapun yang dibentuk menjadi bentuk pegas akan memiliki elastisitas.

Dalam penerapan sehari-hari, benda berbentuk pegas dapat digunakan secara tunggal, seri, maupun parallel, sesuai dengan tingkat elastis yang kita perlukan. Pemilihan pegas sesuai kebutuhan yaitu dengan cara melihat nilai yang dinamakan “koefisien pegas”, yaitu tingkat kesukaran sebuah pegas untuk memanjang dan memendek. Selanjutnya akan dibahas susunan bahan berbentuk pegas secara seri dan parallel, karena ini adalah susunan yang paling mudah.



Gambar 1.2. Susunan benda elastis secara seri



a. Susunan benda elastis secara seri

Misalkan dua benda elastis dengan koefisien pegas k_1 dan k_2 disambungkan seperti pada Gambar 1.2. Sebelum diberi beban, panjang masing-masing benda adalah L_{o1} dan L_{o2} . Ketika ditarik dengan beban $W = mg$, maka:

- benda atas bertambah sejauh ΔL_1
- benda bawah bertambah sejauh ΔL_2
- pertambahan panjang total susunan benda adalah $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$

Gaya yang bekerja pada benda elastis atas dan benda bawah sama besarnya, dan sama dengan gaya yang diberikan oleh beban, maka:

$$W = k_1 \Delta L_1 \text{ atau } \Delta L_1 = \frac{W}{k_1} \tag{1.2}$$

$$W = k_2 \Delta L_2 \text{ atau } \Delta L_2 = \frac{W}{k_2} \tag{1.3}$$

Jika k_{seri} adalah koefisien pengganti untuk susunan dua benda elastis di atas, maka berlaku:

$$W = k_{seri} \Delta L \text{ atau } \Delta L = \frac{W}{k_{seri}} \tag{1.4}$$

dari persamaan panjang total:

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

didapatkan:

$$\frac{W}{k_{seri}} = \frac{W}{k_1} + \frac{W}{k_2} ,$$

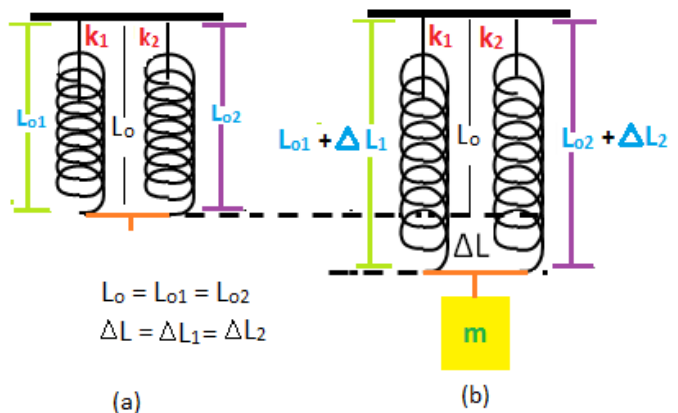
hilangkan W pada ke dua ruas, kita peroleh persamaan:

$$\frac{1}{k_{seri}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \tag{1.5}$$

b. Susunan benda elastis secara paralel

Misalkan dua pegas disusun secara paralel seperti pada Gambar 1.3. Sebelum mendapat beban, panjang masing-masing benda elastis tersebut adalah L_o . Ketika diberi beban, kedua benda elastis mengalami pertambahan panjang yang sama besar ΔL . Gaya W yang dihasilkan beban, terbagi pada dua benda elastis tersebut, masing-masing besarnya F_1 dan F_2 . Berdasarkan Hukum Hooke, maka:

$$F_1 = k_1 \Delta L \tag{1.6}$$



Gambar 1.3. Dua benda elastis yang tersusun secara paralel. (a) sebelum diberi beban dan (b) setelah diberi beban



$$F_2 = k_2 \Delta L \quad (1.7)$$

Jika adalah k_{paralel} adalah koefisien efektif susunan benda, maka terpenuhi:

$$W = k_{\text{paralel}} \Delta L \quad (1.8)$$

Karena gaya ke bawah dan jumlah gaya ke atas pada beban harus sama maka:

$$W = F_1 + F_2 \text{ atau } k_{\text{paralel}} \Delta L = k_1 \Delta L + k_2 \Delta L,$$

dengan menghilangkan ΔL pada kedua ruas, diperoleh:

$$k_{\text{paralel}} = k_1 + k_2 \quad (1.9)$$

untuk kasus susunan pegas parallel maupun seri, selalu diasumsikan bahwa tegangan di setiap pegas selalu sama. Dengan asumsi ini dapat dianalisis perubahan panjang setiap benda elastis.

Selanjutnya silahkan Anda dapat kenali berbagai macam bentuk pegas dalam kehidupan sehari hari berikut ini.

a. Pegas dengan strukur coil dan helik



b. Pegas dengan strukur daun



c. Pegas dengan strukur spiral





c. Modulus Elastisitas

Ada benda dari sebuah bahan yang sangat mudah diubah-ubah panjangnya atau mulur, dan ada yang sangat sulit diubah panjangnya. Tinjauan kedua ialah elastisitas merupakan karakteristik sifat bahan yang dapat mulur. Jika ada benda dari bahan yang mudah mulur kemudian dapat kembali ke dimensi ukuran awal benda tersebut, dikatakan benda memiliki elastisitas. Benda yang bentuknya mudah mulur oleh gaya dikatakan lebih elastis. Dengan demikian Untuk membedakan bahan berdasarkan keelastisitasannya, maka didefinisikan besaran yang namanya "**Modulus Elastis**". Benda yang lebih elastis (lebih lunak) memiliki modulus elastis yang lebih kecil.

Batas elastis bahan disebabkan oleh tegangan maksimal yang dapat diterapkan untuk bahan tanpa menyebabkan deformasi permanen. Untuk tekanan di bawah batas elastis, bahan menunjukkan perilaku elastis ketika *stress* (tegangan) dihapus dan bahan kembali ke ukuran dan bentuk aslinya.

Di bawah batas elastis, *strain* (regangan) bahan sebanding dengan *stress*. Hubungan ini diketahui sebagai Hukum Hooke. Dalam kasus *stress*, misalnya, dua kali lipat gaya yang diberikan pada bahan akan menggandakan jumlah bentangan bahan. Modulus elastisitas bahan memiliki nilai *stress* tertentu di bawah batas elastisitasnya, yang didefinisikan oleh hubungan:

$$\text{Modulus Elastisitas} = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}}$$

Kekuatan utama dari bahan adalah *stress* terbesar yang dapat menahan tanpa pecah. Dalam banyak bahan kekuatan yang dihasilkan jauh melebihi batas elastis. Ketika *stress* lebih besar dari batas elastis tetapi kurang dari kekuatan utama bahan tersebut, maka hasilnya adalah deformasi permanen, contohnya adalah ketika membengkokkan sebatang logam.

d. Tegangan dan Regangan

Bahan yang memiliki panjang L , jika ditarik dengan gaya (F) tertentu, maka panjang benda bertambah ΔL . Besar pertambahan panjang tersebut berbanding lurus dengan panjang semula, atau :

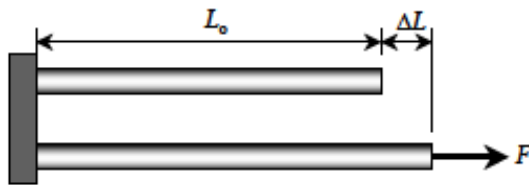
$$\Delta L \propto L \tag{1.10}$$

Hubungan ini yang menjadi alasan mengapa menambah panjang karet yang lebih panjang lebih mudah dilakukan daripada menambah panjang karet yang lebih pendek. Untuk mengganti kesebandingan di atas dengan tanda sama dengan "=", digunakan konstanta "δ", sehingga:

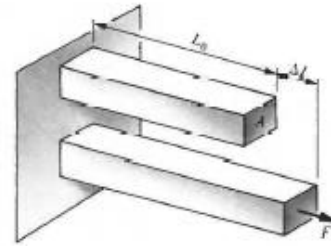


$$\Delta L = \delta L \quad (1.11)$$

konstanta δ dikenal dengan **regangan** atau **strain**, ΔL adalah pertambahan panjang, dan L_0 merupakan panjang mula-mula.



(a) Kondisi bahan ketika ditarik, tampak dua dimensi



(b) Kondisi bahan ketika ditarik, tampak tiga dimensi

Gambar 1.4. Bahan ditarik dengan gaya tertentu mengalami pertambahan panjang

Regangan (*strain*) didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula dari suatu bahan. Ketika suatu gaya F ditekan atau digunakan untuk meregangkan sebuah bahan yang memiliki luas penampang A , maka gaya tersebut disebar ke seluruh penampang bahan. Makin luas penampang bahan yang dikenai gaya, makin kecil gaya per satuan luas pada permukaan, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada perubahan panjang bahan.

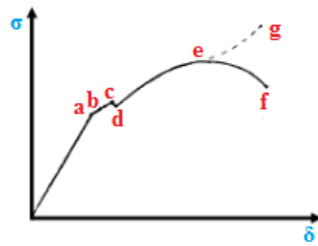
Penentu perubahan panjang bahan bukan besarnya gaya secara langsung, tetapi gaya per satuan luas penampang. Besar gaya per satuan luas penampang ini disebut **tegangan** atau **stress**.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1.12)$$

σ melambangkan tegangan (Pa), F melambangkan gaya (N) dan A melambangkan luas permukaan (m^2). Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Dengan demikian dapat didefinisikan bahwa tegangan (*stress*) sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda.

Tegangan diberikan pada bahan dari arah luar, sedangkan regangan adalah tanggapan bahan terhadap tegangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda disebut **modulus elastisitas** atau **Modulus Young's**. Pengukuran modulus Young dapat dilakukan dengan menggunakan gelombang akustik, karena kecepatan jalannya bergantung pada modulus Young. Jika suatu bahan dikenai gaya tarik sampai batas tertentu, bahan tersebut akan mengalami perubahan panjang akibat tarikan. Hasil uji tarik terhadap bahan akan menghasilkan suatu diagram tegangan dan regangan.

Secara umum hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada diagram tegangan – regangan berikut ini.



Keterangan:

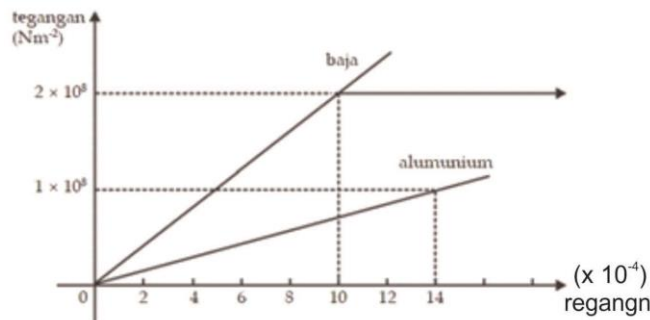
- a : Batas proporsional
- b : Batas elastis
- c : Titik mulur
- d : σ_y = tegangan luluh
- e : σ_u = tegangan tarik maksimum
- f : Putus

Gambar 1.5a. Diagram Tegangan Regangan

Dari diagram tegangan regangan pada Gambar 1.5a di atas, terdapat tiga daerah kerja sebagai berikut:

- **Daerah elastis**, merupakan daerah yang digunakan dalam desain konstruksi mesin.
- **Daerah plastis**, merupakan daerah yang digunakan untuk proses pembentukan material.
- **Daerah maksimum**, merupakan daerah yang digunakan dalam proses pemotongan material.

Pada daerah elastis berlaku rasio tegangan dan regangan yang merupakan Modulus Elastisitas (Y). Makin besar tegangan pada sebuah benda, makin besar regangannya, hal ini berarti Δl juga makin besar. Berdasarkan berbagai percobaan di laboratorium, diperoleh hubungan antara tegangan dan regangan untuk baja dan aluminium seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 1.5b. Grafik perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium

Berdasarkan grafik pada Gambar 1.5b, untuk tegangan yang sama, misalnya $1 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$, regangan pada aluminium sudah mencapai 0,0014, sedangkan pada baja baru berkisar pada 0,00045, Jadi baja lebih kuat dari aluminium. Itulah sebabnya baja banyak digunakan sebagai kerangka (otot) bangunan-bangunan besar seperti jembatan, gedung bertingkat, dan jalan layang.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan pada sejumlah besar bahan terlihat sifat yang menarik, yaitu **perbandingan tekanan dan regangan untuk suatu benda selalu konstan**. Pernyataan tersebut dapat diungkapkan dengan persamaan berikut ini.

$$Y = \frac{\sigma}{\delta} = \text{konstanta} \tag{1.13}$$



Konstanta Y dikenal dengan **Modulus Young** atau **Modulus Elastisitas** bahan. Dengan mensubstitusi persamaan (1.11) dan (1.12) ke dalam persamaan (1.13) dapat juga ditulis menjadi:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

atau

$$F = \left(\frac{YA}{L}\right) \Delta L \quad (1.14)$$

Menurut Hukum Hooke tegangan sebanding dengan regangan, yang dikenal dengan **Deformasi Aksial** (σ) = $Y \cdot \delta$. Apabila persamaan (1.14) dibandingkan dengan Hukum Hooke untuk pegas $F = k \cdot x$ Tampak ada kemiripan. Kemiripan ini muncul karena bahan pun menunjukkan seperti sifat elastis benda dengan bentuk pegas. Dari kemiripan tersebut dapat ditarik hubungan bahwa koefisien pegas dari suatu bahan, memenuhi persamaan:

$$k = \frac{YA}{L} \quad (1.15)$$

Nilai Modulus Young hanya bergantung pada jenis benda (komposisi benda), bukan pada ukuran atau bentuk benda. Nilai Modulus Young beberapa jenis bahan dapat Anda lihat pada Tabel 1.1 berikut. Satuan SI untuk Y adalah pascal (Pa) atau N/m^2 .

Contoh aplikasi tegangan dan regangan pada balok yaitu dalam pembangunan tembok, tali, rantai, atau kawat dapat dimanfaatkan jika dalam keadaan tegang. Sementara itu, batu bata dapat dimanfaatkan jika dalam keadaan mampat. Jika batu bata dimampatkan akan memberikan gaya balik yang setara, itulah dasar pembangunan tembok.

Tabel 1.1. Nilai Modulus Young Berbagai Bahan

Bahan	Modulus Young (Pa)
Aluminium	7×10^{10}
Baja	20×10^{10}
Besi	21×10^{10}
Karet	$0,05 \times 10^{10}$
Kuningan	9×10^{10}
Nikel	21×10^{10}
Tembaga	11×10^{10}
Timah	$1,6 \times 10^{10}$
Beton	$2,3 \times 10^{10}$
Kaca	$5,5 \times 10^{10}$
Wolfram	41×10^{10}

Bobot batu bata ditambah muatan seperti rantai dan atap, menekan bata bersamaan dan membentuk struktur kuat. Semen yang diselipkan di antara bata selain berfungsi sebagai perakat juga dapat menyebarkan beban agar merata di seluruh permukaannya.

Tegangan pada daerah elastis (proporsional) berbanding lurus dengan modulus elastisitas dikalikan dengan regangannya. Tegangan yang dibahas di atas berdasarkan pada gaya yang bekerja. Perlu diingat bahwa gaya yang bekerja juga dapat menghasilkan momen atau torsi. dengan persamaan " $M = F \times L$ " (*Pembahasan Torsi terdapat pada KP 2. Kestimbangan Benda Tegar*). Secara umum, jika suatu konstruksi balok diberikan beban, maka akan mengalami lenturan. Persamaan lenturan yang terjadi (berdasarkan persamaan kurva elastis):



$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma}{y} = \frac{Y}{R}$$

Keterangan:

- M : momen lentur
- I : momen inersia
- σ : tegangan lentur bahan
- y : jari-jari girasi
- R : jari-jari kurva lenturan

Tegangan berbanding lurus dengan momen lentur dan modulus elastisitas bahan. Dari persamaan di atas, diperoleh besar tegangan lentur pada balok:

$$\sigma = \frac{Y}{R} y$$

Besar Y dan R akan konstan pada daerah elastis, sehingga tidak perlu dibahas. Hubungan tegangan berikutnya adalah:

$$\sigma = \frac{M}{I} y$$

Modifikasi persamaan di atas, diperoleh persamaan tegangan dengan memperhitungkan modulus penampang (S) sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{M}{S} \text{ dengan } S = \frac{I}{y}$$

Keterangan: S dan I biasanya disajikan dalam bentuk tabel penampang (profil).

Contoh Penerapan dalam Bidang Konstruksi:

- 1) Sebuah balok ditumpu dengan menggunakan tumpuan jepit. Gaya yang bekerja pada balok sebesar 400 N dengan jarak 300 mm dari tumpuan. Kekuatan lentur maksimum batang (σ_b) = 40 MPa. Hitung lebar dan tinggi profil, jika tinggi profil dua kali lebar profil ($h = 2b$).

Penyelesaian:

- $F = 400 \text{ N}$
- $L = 300 \text{ mm}$
- $(\sigma_b) = 40 \text{ pa}$
- $h = 2b$
- Besar momen lentur (M_L): $M_L = F \times L = 400 \times 300 = 120 \times 10^3 \text{ N mm}$
- $\sigma = \frac{M}{I} y$
- $\sigma = \frac{M}{S}$; dengan $S = \frac{I}{y}$; dan momen inersia bentuk kotak (I) = $\frac{bh^3}{12}$
- Maka dapat disubsitusikan persamaan I ke S.

$$S = \frac{I}{y} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6}$$

- Sehingga: $\sigma = \frac{M}{S} = 40 = \frac{120 \times 10^3}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{120 \times 10^3}{\frac{b(2b)^2}{6}} = \frac{120 \times 3 \times 10^3}{2b^3}$



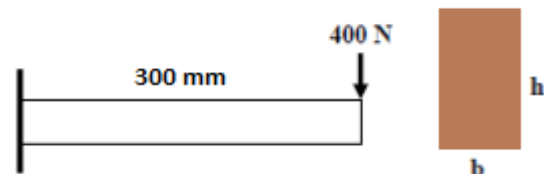
Karakter Mandiri

Karakter bermental baja merupakan salah satu kunci kesuksesan dalam meraih prestasi.

Salah satu ciri bermental baja adalah tahan banting terhadap masalah, tantangan atau hambatan (tegangan) yang menghadang.

Manusia bermental baja tidak mudah menyerah (mereagang).

Kekuatan tahan banting seseorang dapat dianalogikan sebagai nilai modulus Young bahan.





$$\bullet b^3 = \frac{180 \times 10^3}{40} = 4,5 \times 10^3$$

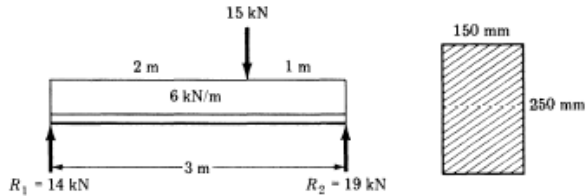
$$b = 16,5$$

$$h = 33 \text{ mm}$$

- 2) Sebuah balok lebar 150 mm dan tebal 250 mm, menerima beban seperti gambar. Carilah tegangan lentur maksimum yang terjadi. Diketahui data momen lentur maksimal 16 kNm.

Penyelesaian:

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{6M}{bh^2} = \frac{6(16 \times 10^3)}{(0,150)(0,250)^2} = 10,24 \text{ Mpa}$$



- 3) Hitung tegangan tarik dan tekan maksimum yang terjadi pada batang yang dibebani dan mempunyai sifat luas penampang seperti pada gambar berikut.

Penyelesaian:

Terlihat ada 2 posisi yang memotong sumbu $x = 0$.

- $M_{1,8 \text{ m}} = (18 \times 1,8) / 2 = 16,2 \text{ kNm}$
- $M_{4 \text{ m}} = -8 \times 1 = -8 \text{ kNm}$
- Maka momen maksimum = 16,2 kNm.

Tegangan lentur pada $x = 1,8 \text{ m}$

Pada $M_{1,8 \text{ m}}$ bernilai positif, maka kurva cekung ke atas, sehingga bagian atas tegangan tekan dan bagian bawah berupa tegangan tarik.

$$\sigma_c = \frac{M}{I} y = \frac{(16,2 \times 10^3)(0,120)}{20 \times 10^{-6}} = 97,2 \text{ Mpa} \quad \text{dan} \quad \sigma_t = \frac{M}{I} y = \frac{(16,2 \times 10^3)(0,050)}{20 \times 10^{-6}} = 40,5 \text{ Mpa}$$

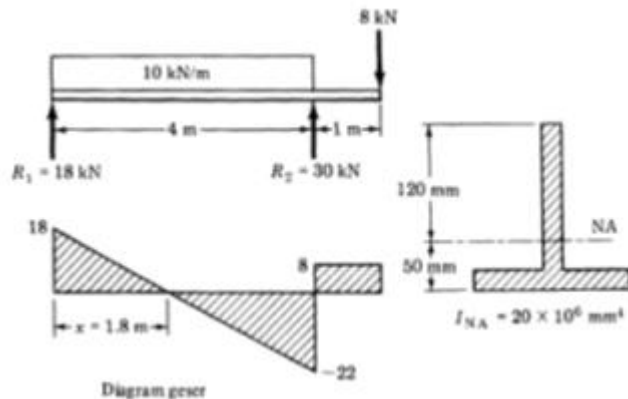
Tegangan lentur pada $x = 4 \text{ m}$

Pada $M_{4 \text{ m}}$ bernilai negatif, maka kurva cekung ke bawah, sehingga bagian atas tegangan tarik dan bagian bawah berupa tegangan tekan, maka:

$$\sigma_t = \frac{M}{I} y = \frac{(8 \times 10^3)(0,120)}{20 \times 10^{-6}} = 48 \text{ Mpa} \quad \text{dan} \quad \sigma_c = \frac{M}{I} y = \frac{(8 \times 10^3)(0,050)}{20 \times 10^{-6}} = 20 \text{ Mpa}$$

maka:

- Tegangan tekan maksimum = 97,2 MPa
- Tegangan tarik maksimum = 48 MPa



3. Modulus Geser

Gaya dapat menyebabkan panjang benda berubah (berkurang atau bertambah), dan dapat juga menyebabkan bentuk benda berubah. Misalkan salah satu sisi balok karet dilengketkan di permukaan meja. Pada sisi atas Anda dorong dengan gaya menyinggung permukaan karet. Apa yang dapat diamati? Tentu bentuk benda menjadi miring di mana sisi atas bergeser. Besarnya perubahan bentuk benda bergantung kepada jenis bahan. Untuk membedakan respon benda terhadap gaya geser tersebut maka didefinisikan



suatu besaran yang namanya **Modulus Geser**. Makin sulit benda berubah bentuk, maka makin besar nilai modulus gesernya.



(a).Sebelum dikenai gaya geser

(b).Setelah dikenai gaya gaya geser

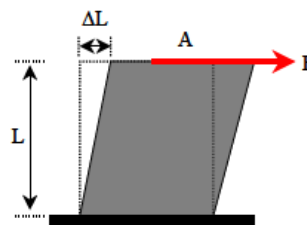
Gambar 1.6 Respon balok yang dikenai gaya geser

Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada sejumlah benda diamati, bahwa pergeseran posisi ujung atas benda saat dikenai gaya geser sebanding dengan tinggi benda, atau:

$$\Delta L \propto L \quad (1.16)$$

Untuk mengubah tanda kesebandingan dengan tanda sama dengan, digunakan konstanta δ yang dinamai **strain geser**, sehingga:

$$\Delta L = \delta L \quad (1.17)$$



Gambar 1.7. Besaran-besaran yang mempengaruhi bentuk benda yang dikenai gaya geser

Besarnya perubahan posisi ujung benda tidak bergantung langsung pada besarnya gaya geser, tetapi bergantung kepada gaya geser per satuan luas permukaan yang disentuh gaya. Diperkenalkan besaran yang namanya **tekanan geser**,

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1.18)$$

Tekanan geser berbeda dengan tekanan yang mengubah panjang benda. Pada perhitungan teknanan geser, arah gaya sejajar dengan arah permukaan. Sedangkan pada saat membahas perubahan panjang benda, arah gaya yang bekerja tegak lurus permukaan. Berdasarkan eksperimen untuk sejumlah besar bahan diperoleh hubungan yang menarik, yaitu:

Perbandingan antara tegangan geser dan regangan geser selalu konstan

atau

$$G = \frac{\sigma}{\delta}, \text{ bernilai konstan} \quad (1.19)$$

Konstanta G dinamakan **Modulus Geser**, dengan mensubsitisi persamaan (1.17) dan (1.18) ke dalam persamaan (1.19) dapat ditulis:



$$G = \frac{F/A}{\Delta L/L},$$

atau

$$F = \left(\frac{GA}{L}\right) \Delta L \quad (1.20)$$

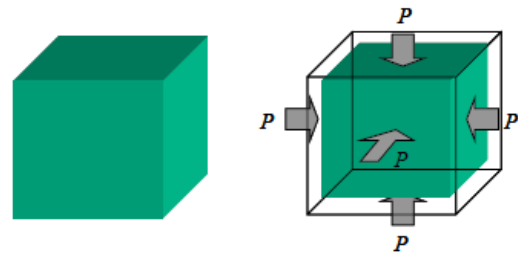
Persamaan (1.20) juga mengambil bentuk hukum Hooke, dengan “*koefisien pegas*”

$$k = \frac{GA}{L} \quad (1.21)$$

4. Modulus Volum

Jika sebuah bahan ditekan dari semua sisi, maka volum bahan akan berkurang. Dari sejumlah eksperimen diamati bahwa pengurangan volum ΔV memenuhi:

- berbanding lurus dengan volum semula;
- sebanding dengan perubahan tekanan yang diberikan.



Gambar 1.8. Bahan mengalami penyusutan volum ketika dikenai tekanan dari segala arah

Dari pengamatan tersebut dapat diturunkan hubungan antara perubahan volum, volum awal bahan, dan perubahan tekanan sebagai berikut:

$$\Delta V \propto V_o \Delta P \quad (1.22)$$

Jika kesebandingan di atas diganti dengan tanda sama dengan, maka dapat ditulis suatu konstanta pembanding, B , sehingga:

$$\Delta V = -\frac{1}{B} V_o \Delta P \quad (1.23)$$

Konstanta B dikenal dengan **Modulus Volum** atau **Modulus Bulk** dari suatu bahan. Tanda negatif menginformasikan, bahwa, makin besar perubahan tekanan yang diberikan makin kecil volum akhir bahan atau tekanan menyebabkan pengurangan volum bahan.

Jika gaya tekan per satuan luas adalah seragam, maka modulus volum atau modulus bulk dapat ditulis dalam persamaan:

$$B = \frac{F/A}{\Delta V/V_o} \quad (1.24)$$

Tekanan volume terjadi ketika bahan direndam dalam cairan. Hal ini disebabkan karena cairan memberikan gaya homogen

$$\text{Modulus bulk} = - \frac{\text{tegangannya volume}}{\text{regangannya volume}}$$



yang tegak lurus terhadap setiap bagian bahan yang direndam. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, bahwa, *stress* F/A yang diberikan oleh cairan disebut tekanan P , sehingga dapat ditulis:

$$B = \frac{P}{\Delta V/V_0} \quad (1.25)$$



Karakter Nasionalis

Indonesia satu-satunya Negara penghasil berbagai Sumber Daya Alam (SDA) terbaik di dunia, contohnya berbagai macam bahan tambang logam, Pengetahuan dasar ilmu bahan, salah satunya sifat mekanik bahan diharapkan dapat memotivasi dan memahamkan kepada siswa Anda agar cinta tanah air dengan mengolah Sumber daya alam tersebut secara mandiri, cerdas, dan bijak untuk kepentingan kesejahteraan rakyat Indonesia.



D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang Sifat mekanika bahan, Anda dapat melakukan kegiatan *eksperimen* dan *non eksperimen* baik secara individu maupun berkelompok dengan hati-hati dan teliti yang petunjuknya disajikan dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan eksperimen, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, agar berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.



Kegiatan 1: Mengukur rapat massa (massa jenis) benda padat



Langkah-langkah

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan rapat massa terlebih dahulu sesuai lembar kerja (LK-1.1) berikut ini.

RAPAT MASSA

Tujuan:

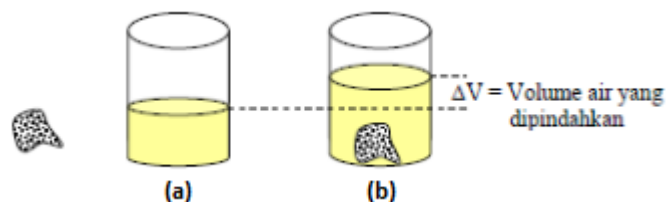
Mengukur rapat massa suatu bahan (benda padat)

Alat dan Bahan:

Sebuah gelas ukur (lengkap dengan skalanya), air bening, beberapa potongan benda (batuan, besi, baja, kayu, dll), penggaris, timbangan massa.

Langkah Kerja:

- 1) masukkan air ke dalam gelas ukur sampai separuhnya;
- 2) catat tinggi air pada gelas ukur;
- 3) timbang massa potongan benda yang akan diukur rapat massanya dan catat;
- 4) masukkan potongan benda yang sudah ditimbang ke dalam gelas ukur, selanjutnya amati perubahan tinggi muka air pada gelas ukur dan catat;
- 5) lakukan juga untuk berbagai jenis bahan.



Gambar LK-1.1. Cara menentukan volume benda melalui proses pencelupan, (a). Batu sebelum dicelupkan ke dalam wadah, (b). Batu setelah dimasukkan ke dalam wadah, terjadi pertambahan volume air



Tugas

- Apakah benda yang satu dengan benda yang lain mempunyai rapat massa yang sama?
- Jika ada dua benda yang sama, tetapi mempunyai massa yang berbeda, apakah kedua benda tersebut mempunyai rapat massa yang sama?
- Rancanglah percobaan berat jenis dan buatlah perbandingan yang menunjukkan sebuah benda dapat tenggelam, melayang dan terapung!
- Buatlah kesimpulan!

2. Setelah tuntas mengerjakan LK-1.1, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal konsep rapat massa (*soal 1.1 dan soal 1.2*) berikut ini!

Soal 1.1

Sebuah kubus logam padat dengan sisi 8 cm mempunyai massa 4,08 kg. (a) Berapakah kerapatan kubus itu? (b). Jika kubus itu terbuat dari sebuah elemen tunggal yang tercantum dalam daftar Tabel 1.2, elemen apakah itu?

Langkah Penyelesaian:

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

jawaban: (a) 7,97 kg/L, (b) besi

Soal 1.2

Sebuah timah hitam berukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 5 cm. Hitunglah berat timah tersebut

Langkah Penyelesaian:

Volume timah adalah :

$$V = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

Nilai kerapatan timah hitam pada tabel adalah:

$$\rho = \dots\dots\dots \text{ kg/m}^3$$

karena itu massanya adalah:

$$m = \rho \times V$$

$$= \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \text{ kg}$$

maka berat timah hitam tersebut adalah:

$$W = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots$$

$$= 111 \text{ N}$$

Tabel 1.2. Massa Jenis Beberapa Bahan

Zat	Kerapatan, Kg/m ³
Aluminium	2,70 x 10 ³
Tulang	1,7 – 2,0 x 10 ³
Bata	1,4 -2,2 x 10 ³
Semen	2,7 – 3,0 x 10 ³
Tembaga	8,93 x 10 ³
Tanah (rata-rata)	5,52 x 10 ³
Kaca (biasa)	2,4 – 2,8 x 10 ³
Emas	19,3 x 10 ³
Es	0,92 x 10 ³
Besi	7,96 x 10 ³
Timah Hitam	11,3 x 10 ³
Kayu (oak)	0,6 – 0,9 x 10 ³
Alkohol (ethanol)	0,806 x 10 ³
Bensin	0,68 x 10 ³
Air raksa	13,6 x 10 ³
Air laut	1,025 x 10 ³
Air	1,00 x 10 ³
Udara	1,293
Helium	0,1786
Hidrogen	0,08994
Uap air (100 °C)	0,6

T = 0 °C dan P = 1 atm
Sumber: Tipler, Paul A, Fisika untuk Sains dan Teknik



Kegiatan 2: Menentukan nilai modulus *Young* suatu bahan



Langkah-langkah

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan *Modulus Young* terlebih dahulu sesuai lembar kerja (LK-1.2) berikut ini!

Modulus Young

Tujuan

Menentukan Modulus elastisitas/Young suatu bahan

Alat dan Bahan

- Senar nilon dan kawat logam
- Anak timbangan
- Micrometer
- Neraca air (*water pass*)

Langkah Kerja

1. Pasangkan kawat (senar) yang panjangnya 150 cm pada tempatnya (perhatikan Gambar LK-1.2b)
2. Putarlah mikrometer hingga neraca air horizontal (tanpa beban), catatlah kedudukannya secara benar
3. Pasnglah beban (anak timbangan) 100 gr, kemudian putarlah mikrometer hingga neraca air horinzontal, dan catatlah kedudukannya baik-baik.
4. Lakukanlah langkah (3) dengan menambah massa menjadi 120 gr, 140 gr, 160 gr, 180 gr, 200 gr, 220 gr, 240 gr, 260 gr, 280 gr, serta catatlah kedudukan micrometer untuk setiap penambahan massa
5. Ukurlah diameter penampang kawat (senar), dan ingat bahwa l_0 adalah panjang kawat (senar) mula-mula sebelum adanya beban.
6. Tuliskan hasil pengukuran pada tabel di bawah ini!

Panjang kawat awal $l_0 = \dots\dots\dots$

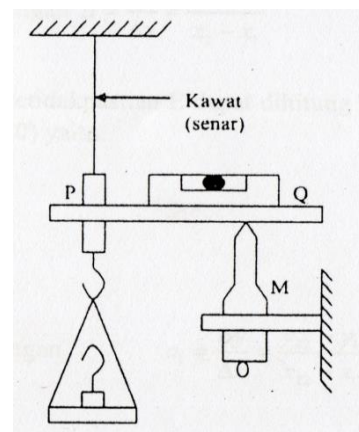
Skala/panjang awal mikrometer = $\dots\dots\dots$

No	Beban (gram)	l	Δl	$\Delta l = l - l_0$
1				
..				
..				
n				

Kesimpulan Percobaan: $\dots\dots\dots$



Gambar LK-1.2a. Foto Percobaan Modulus Elastisitas



Gambar LK-1.2b. Percobaan Modulus Elastisitas Young



2. Setelah tuntas mengerjakan LK-1.2, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal konsep *Modulus Young* (soal 1.3, soal 1.4) berikut ini.

Soal 1.3

Suatu kawat baja memiliki diameter 2 mm dan panjang 4 m. Kawat tersebut digunakan untuk menggantung benda yang bermassa 5,0 kg. *Modulus Young* kawat adalah $200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$. Berdasarkan informasi tersebut hitunglah

- a) Pertambahan panjang kawat
- b) “Konstanta pegas” untuk kawat

Langkah Penyelesaian:

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data
	<ul style="list-style-type: none"> • diameter kawat $d = \dots$ • jari-jari kawat $r = d/2 = \dots$ • luas penampang kawat $A = \pi r^2 = \dots$ • panjang kawat $L = \dots$ • berat beban $W = mg = \dots$ • modulus young $Y = \dots$

- a) Berdasarkan persamaan *strain* kawat:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\sigma}{Y} \\ &= \frac{1}{Y} \frac{W}{A} \\ &= \frac{mg}{Y A} \\ &= \dots \end{aligned}$$

dengan menggunakan persamaan, pertambahan panjang kawat adalah

$$\begin{aligned} \Delta L &= \dots \times \dots \\ &= \dots \times \dots \\ &= 3,2 \times 10^{-4} \text{ meter} \end{aligned}$$

- b) Gunakan persamaan konstanta pegas untuk kawat

$$\begin{aligned} k &= \frac{W}{\delta} \\ &= \frac{mg}{\delta} \\ &= 1,57 \times 10^5 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Soal 1.4

Kawat dengan panjang 8 ft memiliki luas penampang 0,01 in². Kawat dapat meregang hingga 0,05 in dari panjang mula-mula. Ketika sebuah beban dengan berat 100 lb digantungkan, hitunglah tegangan pada kawat dan regangan yang dihasilkan, serta nilai Modulus Young untuk bahan kawat tersebut.



Langkah Penyelesaian:

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

• stress = $\frac{F}{\dots}$
 $= \frac{\dots}{0.01 \text{ in}^2}$
 $= 10^4 \text{ lb/in}^2$

• Modulus Young Y = $\frac{\dots}{\dots}$
 $= \frac{\dots}{\dots}$
 $= \dots \text{ lb/in}^2$

• Strain = $\frac{\dots}{L_0}$
 $= \frac{\dots}{96 \text{ in}}$
 $= \dots$

Catatan: Konversilah dalam satuan Internasional



Kegiatan 3: Menganalisis Elastisitas



Langkah-langkah

- Silahkan, Anda lakukan percobaan elastisitas terlebih dahulu sesuai lembar kerja (LK-1.3) berikut ini!

Hukum Hooke's

Tujuan

- Menentukan koefisien pegas suatu pegas
- Menentukan koefisien pegas dari dua pegas yang disusun secara seri
- Menentukan koefisien pegas dua pegas yang disusun secara paralel
- Menentukan koefisien pegas dua pegas yang disusun secara seri dan paralel (campuran)

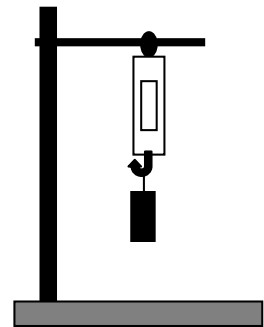
Alat dan Bahan

- Neraca pegas 1,5 N 2 buah
- Mistar 30 cm 1 buah
- Beban pemberat
- Statip
- Neraca empat lengan



Langkah Kerja (Pegas Tunggal)

1. Timbanglah beban pemberat dengan menggunakan neraca empat lengan, catat hasilnya dalam tabel pengamatan.
2. Rangkaikanlah statip, neraca pegas dan beban pemberat seperti pada gambar
3. Pada kaitan neraca pegas berilah satu beban pemberat, ukur penambahan panjang pegas dari posisi awal pegas dengan menggunakan mistar dan perhatikan besar gaya yang diberikan oleh beban pemberat kepada pegas (dengan membaca skala pada neraca pegas). Catat hasilnya dalam tabel pengamatan!
4. Tambahkan beban pemberat pada kaitan neraca pegas, ukur penambahan panjang pegas dari posisi awal pegas dengan menggunakan mistar dan perhatikan besar gaya yang diberikan oleh beban pemberat kepada pegas (dengan membaca skala pada neraca pegas). Catat hasilnya dalam tabel pengamatan!
5. Ulangi langkah kegiatan 2 – 4 untuk pegas yang berbeda. Catat hasilnya dalam tabel.



Gambar LK-1.3a. Susunan pegas tunggal

Tabel Pengamatan

Pegas	Massa beban pemberat m (kilogram)	Gaya beban pada pegas, F (Newton)	Penambahan panjang pegas, ΔX (meter)
I			
II			

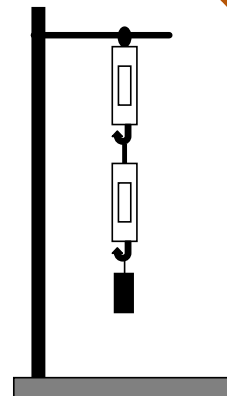
6. Berdasarkan data pada tabel di atas hitunglah koefisien masing-masing pegas dengan menggunakan persamaan $k = F / \Delta X$

Pegas	Koefisien pegas K (N/m)	koefisien pegas rata-rata K_{rata-rata} (N/m)
I		
II		



Langkah Kerja II (Pegas Ganda Serial)

1. Rangkaikanlah statip, neraca pegas dan beban pemberat seperti pada gambar!
2. Pada kaitan neraca pegas berilah satu beban pemberat, ukur penambahan panjang pegas dari posisi awal pegas dengan menggunakan mistar dan perhatikan besar gaya yang diberikan oleh beban pemberat kepada pegas (dengan membaca skala pada neraca pegas). Catat hasilnya dalam tabel pengamatan.
3. Tambahkan beban pemberat pada kaitan neraca pegas, ukur penambahan panjang pegas dari posisi awal pegas dengan menggunakan mistar dan perhatikan besar gaya yang diberikan oleh beban pemberat kepada pegas (dengan membaca skala pada neraca pegas). Catat hasilnya dalam tabel pengamatan.
4. Ulangi langkah kegiatan 2 – 4 untuk pegas yang berbeda. Catat hasilnya dalam tabel.



Gambar LK-1.3b
Susunan pegas Seri

Tabel Pengamatan

Pegas	Massa beban pemberat m (kg)	Gaya beban pada pegas, F (Newton)	Penambahan panjang pegas 1, ΔX_1 (meter)	Penambahan panjang pegas 2, ΔX_2 (meter)	Penambahan panjang pegas rata-rata, $\Delta X_{rata-rata}$
I					
II					

5. Berdasarkan data pada tabel di atas hitunglah koefisien kedua pegas yang disusun secara paralel dengan menggunakan persamaan $k_{seri} = F / \Delta X_{rata-rata}$

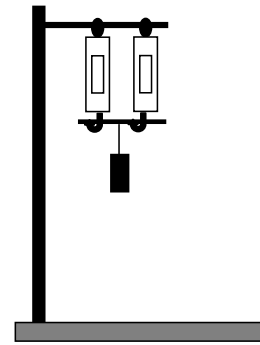
Pegas	Koefisien pegas K (N/m)	Koefisien pegas rata-rata $K_{rata-rata}$ (N/m)
I		
II		

6. Berdasarkan data pada tabel di atas, bandingkan besar konstanta pegas rata-rata yang disusun secara seri dengan koefisien pegas rata-rata masing-masing pegas dan buatlah kesimpulannya!



Langkah Kerja III (Pegas Ganda paralel)

1. Rangkaikanlah statip, neraca pegas dan beban pemberat seperti pada gambar !
2. Pada kaitan neraca pegas berilah satu beban pemberat, ukur pemampatan (penambahan) panjang pegas dari posisi awal pegas dengan menggunakan mistar dan perhatikan besar gaya yang diberikan oleh beban pemberat kepada pegas (dengan membaca skala pada neraca pegas). Catat hasilnya dalam tabel pengamatan.
3. Tambahkan beban pemberat pada kaitan neraca pegas, ukur pemampatan (penambahan) panjang pegas dari posisi awal pegas dengan menggunakan mistar dan perhatikan besar gaya yang diberikan oleh beban pemberat kepada pegas (dengan membaca skala pada neraca pegas). Catat hasilnya dalam tabel pengamatan.
4. Ulangi langkah kegiatan 2–4 untuk pegas yang berbeda. Catat hasilnya dalam tabel.



Gambar LK-1.3c. Susunan pegas

Tabel Pengamatan

Pegas	Massa beban pemberat m (kg)	Gaya beban paa pegas, F (Newton)	Penambahan panjang pegas 1, ΔX_1 (meter)	Penambahan panjang pegas 2, ΔX_2 (meter)	Penambahan panjang pegas rata-rata, $\Delta X_{rata-rata}$
I					
II					

5. Berdasarkan data pada tabel diatas hitunglah koefisien kedua pegas yang disusun secara seri dengan menggunakan persamaan $k_{seri} = F / \Delta X_{rata-rata}$

Pegas	Konstanta pegas K (N/m)	koefisien pegas rata-rata $K_{rata-rata}$ (N/m)
I		
II		

6. Berdasarkan data pada tabel di atas, bandingkan besar koefisien pegas rata-rata yang disusun secara paralel dengan koefisien pegas rata-rata masing-masing pegas dan buatlah kesimpulannya.

Diskusikan!

Rancanglah bagaimana membuat percobaan penentuan koefisien pegas dengan menggunakan rangkaian seri dan paralel secara campuran.



2. Setelah tuntas mengerjakan LK-1.3, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal konsep elastisitas (soal 1.5 soal 1.6) berikut ini!

Soal 1.5

Dua kawat yang tersambung secara seri tergantung pada suatu atap. koefisien pegas masing-masing kawat adalah 800 N/m dan 400 N/m. Pada ujung bawah sambungan kawat diikatkan sebuah benda yang bermassa 0,5 kg. Berapa frekuensi osilasi benda?

Langkah Penyelesaian:

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Kita tentukan dahulu koefisien efektif susunan dua kawat

$$\begin{aligned} \frac{1}{k_{ef}} &= \frac{1}{\dots\dots\dots} + \frac{1}{\dots\dots\dots} \\ &= \frac{1}{\dots\dots\dots} + \frac{1}{\dots\dots\dots} \\ &= \frac{3}{800} \text{ atau} \\ k_{ef} &= \dots\dots\dots \text{ N/m} \end{aligned}$$

Frekuensi memenuhi

$$\begin{aligned} \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{\dots\dots\dots}{0,5}} \\ &= 23 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Soal 1.6

Berapa periode osilasi benda yang digantungkan pada dua pegas yang disusun secara parallel masing-masing dengan konstanta 250 N/m dan 550 N/s? Massa beban adalah 600 g.

Langkah Penyelesaian:

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Kita hitung dahulu koefisien pegas

$$\begin{aligned} k_{ef} &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\ &= 800 \text{ N/m} \end{aligned}$$



Frekuensi osilasi benda

$$\begin{aligned} \omega &= \sqrt{\frac{g}{L}} \\ &= \sqrt{\frac{9.8}{0.5}} \\ &= 4.43 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Periode pegas

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi}{\omega} \\ &= \frac{2 \times 3.14}{4.43} \\ &= 1.41 \text{ s} \end{aligned}$$



Kegiatan 4: Menghitung besar regangan dan tegangan suatu bahan



Langkah-langkah

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan mengenai *regangan dan tegangan* terlebih dahulu sesuai Lembar kerja (LK-1.4) berikut ini.

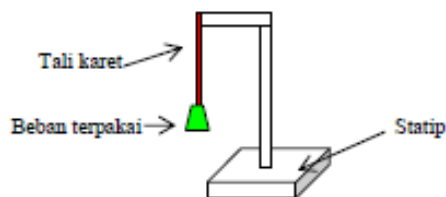
Regangan & Tegangan

Tujuan

Menentukan nilai regangan dan tegangan suatu bahan

Alat dan Bahan

- Tiga helai tali karet dari jenis yang berbeda (tali karet yang biasa dipakai untuk pakaian),
- anak timbangan (10 gr, 50 gr, 100 gr),
- penggaris, statip (tempat gantungan)



Gambar LK-1.4. Rancangan percobaan regangan dan tegangan

Langkah Kerja

1. Potong tali karet sepanjang 30 cm, dan susun seperti Gambar LK-1.4
2. Gantungkan anak timbangan sebagai beban pada ujung bawah karet
3. Amati dan ukur pertambahan panjang karet, lakukan juga untuk beban yang berbeda-beda
4. Rancanglah tabel pengamatan dan tentukan besarnya regangan, dan tegangan yang terjadi untuk setiap beban yang digunakan.

Pertanyaan:

1. Apakah besarnya regangan dan tegangan dipengaruhi oleh besarnya beban yang dipakai?
2. Apakah besarnya regangan dan tegangan dipengaruhi oleh kekuatan (kekakuan) tali karet yang digunakan?



- 2. Setelah tuntas mengerjakan LK-1.4, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal konsep *stress* dan *strain* (soal 1.7 soal 1.8) berikut ini!

Soal 1.7

Tali nilon berdiameter 2 mm ditarik dengan gaya 100 N. Tentukan tegangan tali!

Langkah Penyelesaian:

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Tegangan = $\frac{\dots}{\dots}$

= $\frac{\dots}{\dots}$ =N/m²

Soal 1.8

Seutas tali mempunyai panjang mula-mula 100 cm ditarik hingga tali tersebut mengalami pertambahan panjang 2 mm. Tentukan regangan tali!

Langkah Penyelesaian:

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Regangan = $\frac{\dots}{\dots}$

= $\frac{\dots}{\dots}$ =



E. Latihan/Kasus/Tugas

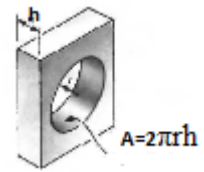
a. Latihan Soal

Setelah mempelajari materi sifat mekanika bahan, silahkan Anda mencoba mengerjakan latihan soal secara mandiri selanjutnya diskusikan dalam kelompok. Kumpulkan hasil kerja tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan.

1. Sebuah pegas mengalami pertambahan panjang 2 cm, ketika ditarik dengan gaya 8 N Tentukan,
 - a) koefisien pegas
 - b) simpangan pegas jika diberikan gaya 10 N
 - c) simpangan pegas jika digantung beban 2 Kg
 - d) frekuensi osilasi pegas ketika digantung dengan beban 400 g
2. Empat pegas sejenis dengan koefisien 500 N/m disusun secara seri. Susunan pegas tersebut digantungi benda bermassa 2 kg, hitunglah:
 - a). pertambahan panjang susunan pegas
 - b). pertambahan panjang masing-masing pegas.
3. Dua pegas disusun secara seri dan digantungkan secara vertikal. Koefisien salah satu pegas adalah 750 N/m. Pada ujung bawah susunan pegas digantung beban 5 N sehingga terjadi pertambahan panjang total 2 cm, hitunglah:
 - a) koefisien pegas yang kedua
 - b) pertambahan panjang masing-masing pegas.
4. Kawat aluminium memiliki diameter 1,5 mm dan panjang 5,0 m. Kawat tersebut kemudian digunakan untuk menggantung benda yang memiliki massa 5,0 kg. *Modulus Young* aluminium adalah $Y = 7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$, hitunglah:
 - a) tegangan yang bekerja pada kawat?
 - b) regangan kawat?
 - c) pertambahan panjang kawat?
 - d) koefisien elastisitas yang dimiliki kawat?
5. Kawat kuningan sepanjang 2 m disambungkan dengan kawat baja sepanjang 3 m. Diameter kawat kuningan adalah 2 mm dan diameter kawat baja adalah 1,5 mm. Kawat yang disambung tersebut digunakan untuk menggantung beban 10 kg. Berapa pertambahan panjang masing-masing kawat? (*Modulus Young* kawat kuningan $Y = 10^{11} \text{ N/m}^2$, *modulus Young* kawat baja $Y = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$)
6. Suatu tali berdiameter 4 mm dan mempunyai panjang awal 2 m ditarik dengan gaya 200 N hingga panjang tali berubah menjadi 2,02 m. Hitung (a).tegangan tali, (b). regangan tali, (c).modulus elastisitas Young!



7. Berapa besar gaya yang diperlukan untuk membuat lubang berdiameter 0,5 in pada selembur baja dengan tebal 1/8 in dan kekuatan gesernya $4 \times 10^4 \text{ lb/in}^2$
8. Untuk memasang sebuah penyangga pada dinding diperlukan dua buah baut dari bahan baja campuran yang berdiameter 5 mm. Kekuatan geser dari logam baja campuran tersebut sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ Pa}$. Berapa beban maksimal yang dapat ditahan oleh penyangga tanpa menggeser baut tersebut?
9. Air dalam silinder memiliki volume 1 L pada tekanan 1 atm. Berapa perubahan volum air ketika diberi tekanan 100 atm? (*Modulus volum air adalah $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$*)
10. Tekanan pada kedalaman 300 m dari permukaan laut 3.03 kPa lebih besar dari tekanan atmosfer dipermukaan laut. Berapa besar volume alumunium berkontraksi ketika berada di titik terdalam laut tersebut? (*Modulus bulk dan volume awal aluminiun tersebut adalah $7 \times 10^{10} \text{ Pa}$ dan $0,2 \text{ m}^3$*)



b. Tugas Pengembangan Soal

Pada tugas pengembangan soal ini Anda diminta untuk membuat soal UN/USBN berdasarkan kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Soal yang dikembangkan disesuaikan dengan kurikulum yang digunakan oleh sekolah Anda (Kurikulum 2006 atau Kurikulum 2013) dengan materi sesuai dengan materi yang dibahas pada Kegiatan Pembelajaran 1 ini.

Prosedur Kerja

1. Pelajari kembali bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Instrumen Penilaian di Modul G Kelompok Kompetensi Pedagogik.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti pada Lampiran 2 dan 3
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format berikut pada Lampiran 4. (Sesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah anda).
4. Berdasarkan kisi-kisi di atas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
5. Kembangkan soal-soal level *Higer Orther of Thinking skill's* HOTs
6. Bentuk soal yang dikembangkan berupa Pilhan Ganda (PG) dan essay, masing-masing 3 soal
7. Masing-masing soal dibuat dalam kartu soal seperti pada Lampiran 5 dan 6



8. Sebagai acuan pengembangan soal yang baik Anda dapat menelaah soal tersebut secara mandiri atau dengan teman sejawat dengan menggunakan instrumen telaah soal seperti terlampir pada Lampiran 7 dan 8.

F. Rangkuman

Sifat mekanik bahan dapat ditinjau dari berbagai aspek, salah satunya massa jenis bahan itu sendiri. Selain itu, elastisitas juga merupakan indikator dari sifat mekanik bahan. Hukum Hooke dalam hal ini berlaku pada banyak zat yang elastis, dan menyatakan bahwa perubahan panjang benda sebanding dengan gaya yang diberikan:

$$F = k \Delta L$$

Jika gaya terlalu besar, benda melewati batas elastisitasnya, yang berarti bahwa benda tidak akan kembali ke bentuk asalnya ketika gaya yang mengubah bentuknya tersebut dilepaskan. Jika gaya masih lebih besar, kekuatan maksimum materi dapat terlewati dan benda tersebut patah.

Gaya persatuan luas yang bekerja pada benda disebut tegangan, dan perubahan fraksional pada panjang yang dihasilkan disebut regangan. Tegangan yang terdapat pada benda dapat terdiri dari tiga jenis: tekanan, tarikan, dan penggeseran.

Perbandingan tegangan terhadap regangan disebut modulus elastis dari materi tersebut. Modulus Young berlaku untuk tekanan dan tarikan, dan modulus geser untuk penggeseran. Modulus Bulk berlaku untuk benda yang volumenya berubah sebagai akibat tekanan pada semua sisi. Ketiga modulus tersebut merupakan konstanta untuk materi tertentu ketika berubah bentuk pada daerah elastik.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran 1 ini merupakan konsep dasar/esensial yang terdapat dalam keseluruhan materi *Sifat Mekanika Bahan*. Terdapat kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi. Untuk itu silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka.

Setelah menyelesaikan soal latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silahkan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan Pembelajaran 1 dengan kerja keras, kreatif, disiplin dan kerja sama.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

KESETIMBANGAN BENDA TEGAR



Gambar 2.1 Jembatan Pasupati yang ditahan oleh kabel baja dan satu tiang penyangga

Sejarah arsitektur mencatat, banyak para perancang bangunan yang karyanya sangat mengagumkan. Gabungan karya seni dan kekuatan yang kokoh menjadikan karya itu bertahan lama mengukir sejarah. Kekuatan yang menopang keindahan itu terletak pada keseimbangan yang direncanakan dengan baik. Dalam Ilmu Fisika, dikenal dengan nama Mekanika, yaitu ilmu yang mempelajari dan meramalkan kondisi benda diam atau bergerak akibat pengaruh gaya yang bereaksi pada benda tersebut.

Kemampuan menentukan gaya-gaya yang bekerja pada benda dalam kesetimbangan mempunyai banyak manfaat, terutama dalam bidang teknik. Sebagai contoh gaya-gaya yang diberikan oleh kabel jembatan gantung harus diketahui agar kabel dapat dirancang cukup kuat untuk menunjang jembatan.

Pada kegiatan pembelajaran 2 kali ini, Anda akan mempelajari salah satu bagian dari ilmu mekanika, yaitu mekanika benda tegar (*mechanis of rigid bodies*). Mula-mula Anda akan mempelajari benda tegar dalam keadaan diam/statik (*static*), memeriksa syarat-syarat yang diperlukan agar kesetimbangan statik terjadi, kemudian definisikanlah pusat berat dan lihat beberapa contoh bagaimana menghitung gaya-gaya yang diperlukan agar sebuah benda berada dalam kesetimbangan statik. Pada akhirnya, Anda akan membahas stabilitas kesetimbangan tersebut.

Materi Kesetimbangan dipelajari pada tingkat SMA. Pada Kurikulum 2013 disajikan di kelas XI semester 1 dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3) **Aspek Pengetahuan:** 3.6 Menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari. KD



dari KI 4 **Aspek Keterampilan**: 4.6. Merencanakan dan melaksanakan percobaan titik berat dan kesetimbangan benda tegar.

Kompetensi guru yang akan dikembangkan pada diklat PKB untuk materi kesetimbangan adalah: “20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika, serta penerapannya secara fleksibel”, dengan sub kompetensi “Menjabarkan konsep dan teori gaya pada kesetimbangan, pusat gravitasi, benda dalam kesetimbangan”. Kompetensi ini dapat dicapai jika guru belajar materi ini dengan kerja keras, profesional, kreatif dalam melakukan tugas sesuai instruksi pada bagian aktivitas belajar yang tersedia, disiplin dalam mengikuti tahap-tahap belajar serta bertanggung jawab dalam membuat laporan atau hasil kerja.

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

1. menerapkan konsep kesetimbangan benda tegar melalui kajian materi;
2. terampil melakukan berbagai praktek/percobaan terkait kesetimbangan benda tegar dengan teliti;

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dapat Anda capai adalah mampu:

1. menentukan pusat massa benda dan titik berat atau pusat gravitasi benda;
2. menunjukkan syarat-syarat kesetimbangan benda tegar;
3. mengklasifikasikan jenis-jenis kesetimbangan;
4. menggunakan konsep kesetimbangan benda tegar dalam kasus-kasus kehidupan

C. Uraian Materi

Benda dapat melakukan gerak rotasi dan gerak lurus. Benda yang melakukan gerak rotasi disebabkan oleh adanya Torsi atau Momen Gaya. Selisih antara torsi yang dikerjakan pada benda dengan torsi yang menghambat disebut torsi total, jadi yang membuat benda berotasi adalah torsi total. Torsi yang menghambat disebabkan oleh adanya gaya gesekan. Lebih tepatnya torsi yang menghambat adalah hasil kali gaya gesekan dengan panjang lengan gaya. Konsep gaya total dan torsi total perlu dipahami dengan baik sehingga bisa membantu Anda memahami pokok bahasan keseimbangan benda tegar.

Benda tegar atau benda kaku hanya bentuk ideal yang Anda gunakan untuk menggambarkan suatu benda. Suatu benda disebut sebagai benda tegar jika jarak antara setiap bagian benda itu selalu tetap.



Dalam hal ini, setiap benda bisa Anda anggap tersusun dari partikel-partikel atau titik-titik, di mana jarak antara setiap titik yang tersebar di seluruh bagian benda selalu tetap.

Pada benda tegar tidak pernah benar-benar tegar, melainkan tetap mengalami deformasi akibat beban yang diterima tetapi umumnya deformasi kecil, sehingga tidak mempengaruhi kondisi keseimbangan atau gerakan struktur yang ditinjau dapat diabaikan. Selain itu, pada kenyataannya, setiap benda bisa berubah bentuk (menjadi tidak tegar), jika pada benda itu dikenai gaya atau torsi. Misalnya beton yang digunakan untuk membangun jembatan bisa bengkok, bahkan patah jika dikenai gaya berat yang besar (ada kendaraan raksasa yang lewat di atasnya). Dalam hal ini benda-benda itu mengalami perubahan bentuk. Jika bentuk benda berubah, maka jarak antara setiap bagian pada benda itu tentu saja berubah atau benda menjadi tidak tegar lagi. Untuk menghindari hal ini, maka Anda perlu mempelajari faktor-faktor apa saja yang dibutuhkan agar sebuah benda tetap dianggap benda tegar.

Para ahli teknik biasanya memperhitungkan benda tegar dirangkai dengan memperhitungkan faktor elastisitas bahan, besarnya gaya dan torsi maksimum agar benda tetap tegar. Berikut ini diuraikan beberapa konsep penting yang berkaitan dengan kesetimbangan benda tegar.

1. Pusat Massa

Konsep pusat massa berkaitan erat dengan titik berat atau pusat gravitasi yang akan Anda pelajari. Dalam pokok bahasan gerak lurus (GLB, GLBB, gerak jatuh bebas dengan kecepatan horizontal nol, dan gerak vertikal), gerak parabola dan gerak melingkar, setiap benda Anda anggap sebagai partikel; lebih tepatnya partikel tunggal. Ketika sebuah benda bergerak, mobil misalnya, bagian depan, bagian samping dan bagian belakang mobil itu mempunyai kecepatan yang sama. Apabila Anda menganggap mobil terdiri dari banyak titik yang tersebar di seluruh bagian mobil itu, maka ketika bergerak, setiap titik yang tersebar di seluruh mobil itu punya kecepatan yang sama. Karenanya tidak ada salahnya jika Anda menganggap mobil seperti satu titik, karena gerakan satu titik bisa menggambarkan gerakan keseluruhan mobil.

Jika suatu benda melakukan gerak rotasi, benda tidak bisa kita anggap sebagai partikel karena kasusnya sudah berbeda. Dalam gerak rotasi, benda tegar dianggap terdiri dari banyak partikel. Jarak antara setiap partikel yang menyusun benda tegar selalu sama dan tidak bisa dianggap sebagai partikel karena gerakan satu partikel tidak bisa mewakili keseluruhan gerakan benda. Dalam hal ini, kecepatan linier setiap bagian benda yang melakukan gerak rotasi berbeda-beda.



Pada benda berotasi atau benda bergerak umum terdapat satu bagian (bisa Anda sebut sebagai partikel atau titik) yang bergerak seperti sebuah partikel tunggal dalam gerak translasi. Titik ini dikenal dengan julukan **Pusat Massa**. Untuk memudahkan pemahaman, pelajari contoh berikut ini.



Gambar 2.2. Gerak umum benda dengan lintasan lurus

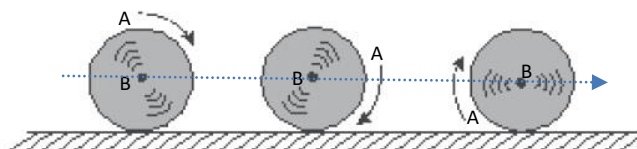
Gerak umum pertama, merupakan suatu jenis gerakan di mana benda tidak melakukan gerak translasi murni. Dengan kata lain, tidak semua bagian benda bergerak melalui lintasan yang sama. Pada gambar 2.2 tongkat melakukan gerak rotasi sepanjang arah horisontal (ke kanan). Ketika berotasi, posisi tongkat selalu berubah-ubah. Walaupun demikian, terdapat satu bagian tongkat yang bergerak sepanjang lintasan lurus yang diberi garis putus-putus. Bagian tongkat itu kita tandai dengan titik hitam. Bagian tongkat yang diberi tanda titik hitam itu adalah pusat massa tongkat.

Gerak umum kedua dapat dilihat pada sebuah kapak yang dilemparkan ke atas seperti pada Gambar 2.3. Semua bagian dari kapak tersebut akan melakukan gerak translasi dan rotasi bersamaan, kecuali pusat massanya yang akan melakukan gerak parabola karena bertindak sebagai satu partikel. Bagian kapak yang diberi titik hitam itu adalah pusat massa. Dalam hal ini lintasan pusat massa kapak berbentuk parabola, mirip seperti lintasan benda (benda dianggap sebagai partikel tunggal) yang melakukan gerak parabola.



Gambar 2.3. Gerak benda dengan lintasan parabola

Gambar 2.4 merupakan sebuah benda yang sedang menggelinding (ke kanan). Sepanjang gerakannya, benda tidak tergelincir atau tidak selip. Perhatikan titik A dan B. Ketika benda menggelinding ke kanan, posisi titik A dan B selalu berubah. Arah lintasannya berupa garis putus-putus. Dalam hal ini titik B (pusat massa) melakukan gerak lurus, sedangkan titik A melakukan gerak rotasi.

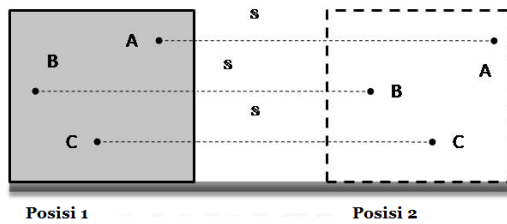


Gambar 2.4 Gerak menggelinding

Contoh berikut adalah sebuah balok yang melakukan gerak lurus, lihat Gambar 2.5. Titik hitam mewakili pusat massa balok dengan anggapan bahwa balok tersebut tidak beraturan



Namun jika bentuk balok beraturan, pusat massanya terletak tepat di tengah balok itu dan hanya ada satu titik pusat massa.



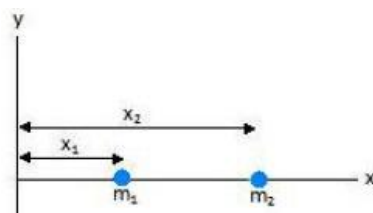
Gambar 2.5. Gerak Lurus sebuah balok

Ketika balok melakukan gerak lurus, pusat massa balok juga melakukan gerak lurus. Lintasan balok ditandai dengan garis putus-putus. Jadi tidak ada salahnya jika setiap benda yang melakukan gerak translasi dianggap sebagai partikel atau titik. Partikel atau titik itu bisa menggambarkan pusat massa benda. Dengan kata lain, ketika Anda mengandaikan setiap benda seperti partikel, kita menganggap massa benda seolah-olah terkonsentrasi pada pusat massanya. Untuk kasus seperti ini, analisis kita hanya terbatas pada titik dimana pusat massa benda berada.

2. Penentuan Posisi Pusat Massa

Benda yang sedang Anda tinjau diasumsikan sebagai benda tegar. Penjelasan mengenai partikel bertujuan sebagai pengantar untuk memahami konsep pusat massa benda, sekaligus melihat kembali hubungan antara pusat massa dengan konsep partikel dalam menggambarkan benda yang melakukan gerakan translasi.

Bentuk benda dalam kehidupan Anda beraneka ragam. Ada benda yang bentuknya beraturan, ada juga benda yang bentuknya tidak beraturan. Untuk memudahkan pemahaman persamaan pusat massa, Anda dapat memulai dengan bentuk benda tegar paling sederhana. Anda harus membuat benda tegar yang hanya terdiri dari dua partikel. Sebut saja kedua partikel ini sebagai sistem benda tegar. Untuk lebih mempermudah, gunakan bantuan sistem koordinat, (lihat Gambar 2.6).



Keterangan:

m_1 : massa partikel 1,

m_2 : massa partikel 2

$M=m_1+m_2$: Massa total kedua partikel. Pusat massa terletak di antara kedua partikel itu.

Gambar 2.6. Posisi partikel 1 dan partikel 2 dalam sistem koordinat

Kedua partikel berada pada sumbu x. Partikel 1 berjarak x_1 dari sumbu y dan partikel 2 berjarak x_2 dari sumbu y. Pusat massa dapat Anda singkat PM. Karena kedua partikel



terletak pada sumbu x , maka pusat massa untuk kedua partikel itu bisa ditulis x_{PM} .
Persamaan pusat massa system dua partikel tersebut diberikan oleh:

$$x_{PM} = \frac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2} = \frac{m_1x_1+m_2x_2}{M}$$

Jika $m_1 = m_2 = m$, maka pusat massa tepat berada di tengah-tengah kedua partikel. Secara matematis, persamaannya menjadi:

$$x_{PM} = \frac{m_1x_1+m_2x_2}{m+m} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$$

Jika $m_1 > m_2$ maka letak pusat massa lebih dekat dengan m_1 . Sebaliknya jika $m_2 > m_1$ maka letak pusat massa lebih dekat dengan m_2 . Persamaan di atas hanya berlaku untuk satu dimensi, di mana benda hanya berada pada salah satu sumbu koordinat (sumbu x). Apabila kedua partikel tersebar dalam 2 dimensi, maka Anda bisa mengubah persamaan pusat massa untuk koordinat y .

$$y_{PM} = \frac{m_1y_1+m_2y_2}{m_1+m_2} = \frac{m_1y_1+m_2y_2}{M}$$

Definisi persamaan di atas baru terbatas pada 2 partikel. Jika terdapat banyak partikel, maka kita bisa memperluas persamaannya. Untuk n partikel, di mana partikel pertama bermassa m_1 dan berposisi di (X_1, Y_1, Z_1) , partikel ke-2 bermassa m_2 dan berposisi di (X_2, Y_2, Z_2) , dan seterusnya sampai partikel ke- n bermassa m_n dan berposisi di (X_n, Y_n, Z_n) , maka posisi pusat massa sistem n partikel tersebut adalah:

Persamaan untuk koordinat x

$$x_{PM} = \frac{m_1x_1+m_2x_2+ \dots+m_nx_n}{m_1+m_2+ \dots+ m_n} = \frac{\sum m_ix_i}{\sum m_i} = \frac{\sum m_ix_i}{M}$$

Persamaan untuk koordinat y:

$$y_{PM} = \frac{m_1y_1+m_2y_2+ \dots+m_ny_n}{m_1+m_2+ \dots+ m_n} = \frac{\sum m_iy_i}{\sum m_i} = \frac{\sum m_iy_i}{M}$$

Persamaan untuk koordinat z:

$$z_{PM} = \frac{m_1z_1+m_2z_2+ \dots+m_nz_n}{m_1+m_2+ \dots+ m_n} = \frac{\sum m_iz_i}{\sum m_i} = \frac{\sum m_iz_i}{M}$$

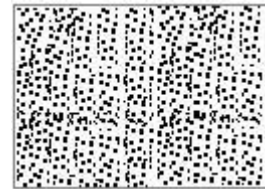
Jika partikel-partikel terletak sebidang (bidang x - y), maka pusat massanya berada di (X_{PM}, Y_{PM}) . Sebaliknya, jika partikel-partikel terletak dalam ruang tiga dimensi (x - y - z), maka pusat massanya berada di (X_{PM}, Y_{PM}, Z_{PM}) .

Pada bentuk benda simetris, pusat massa dengan mudah dapat ditentukan. Pusat massa benda simetris tepat berada di tengah-tengah. Jika bentuk benda tidak simetris atau tidak beraturan, maka pusat massa benda bisa ditentukan menggunakan persamaan (*persamaan untuk menentukan pusat massa benda ada di bahasan pusat massa*), syaratnya nilai percepatan gravitasi g pada tempat benda berada, harus sama.



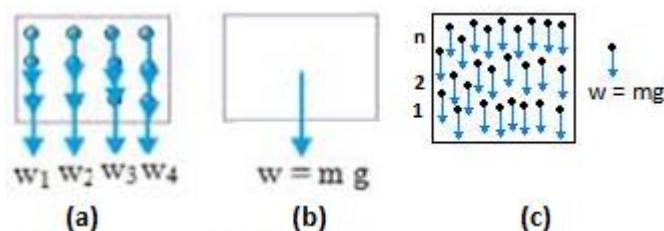
3. Titik Berat

Kali ini Anda akan mengkaji titik berat atau pusat gravitasi. Konsep titik berat ini hampir sama dengan pusat massa. Setiap benda dalam kehidupan bisa berubah bentuk (tidak selalu tegar/kaku), jika pada benda tersebut dikenai gaya yang besar. Setiap benda tegar dianggap terdiri dari banyak partikel atau titik. Partikel-partikel itu tersebar di seluruh bagian benda. Jarak antara setiap partikel yang tersebar di seluruh bagian benda selalu tetap. Amati Gambar 2.7.



Gambar 2.7.
Benda bisa dianggap tersusun dari banyak partikel, yang ditandai dengan titik hitam.

Salah satu gaya yang bekerja pada setiap benda yang terletak di permukaan bumi adalah gaya gravitasi. Gaya gravitasi yang bekerja pada suatu benda disebut gaya berat (W). Untuk benda yang mempunyai ukuran bukan titik (kalau titik tidak punya ukuran), gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut sebenarnya bukan hanya bekerja pada satu titik. Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas, setiap benda bisa Anda anggap terdiri atas banyak partikel atau banyak titik. Gaya gravitasi sebenarnya bekerja pada tiap-tiap partikel yang menyusun benda itu. Perhatikan Gambar 2.8 berikut ini.



Keterangan:

- w : gaya berat yaitu gaya gravitasi yang bekerja pada benda
- m : massa benda
- g : percepatan gravitasi
- W_1 : berat partikel ke-1
- W_2 : berat partikel ke-2
- W_n : berat partikel ke-n
- m_1 : massa partikel ke-1
- m_2 : massa partikel ke-2
- m_n : massa partikel ke-n

Gambar 2.8. Arah gaya gravitasi pada partikel penyusun benda

Pada Gambar 2.8.(a) partikel-partikel diwakili oleh titik-titik. Tanda panah menunjukkan arah gaya gravitasi yang bekerja pada tiap-tiap partikel. Seandainya benda kita bagi menjadi potongan-potongan yang sangat kecil, maka satu potongan kecil itu adalah satu partikel. Jika jumlah partikel sangat banyak, juga tidak tahu secara pasti jumlah partikel, maka untuk mempermudah, kita cukup menulis titik-titik (...) dan n . Simbol n melambangkan partikel yang terakhir. Pada Gambar 2.8 (a) juga disebutkan bahwa gaya gravitasi atau gaya berat pada partikel ke-1 adalah $W_1 = m_1 \cdot g$, pada partikel ke-2 adalah $W_2 = m_2 \cdot g$ dan seterusnya.

Apabila benda berada pada tempat di mana nilai percepatan gravitasi (g) sama, maka gaya berat sebanding dengan massanya. Arah gaya berat setiap partikel juga sejajar menuju ke permukaan bumi. Pada kasus seperti Gambar 2.8 (b), Anda bisa menggantikan gaya berat pada masing-masing partikel dengan sebuah gaya berat tunggal ($w = mg$) yang bekerja pada



titik pusat massa benda. Jadi gaya berat ini mewakili semua gaya berat partikel. Titik dimana gaya berat bekerja (dalam hal ini pusat massa benda), disebut titik berat. Nama lain dari titik berat adalah pusat gravitasi.

Jadi untuk percepatan gravitasi yang sama di setiap titik pada benda, pusat gravitasi sama dengan pusat massa. Semakin dekat dengan pusat bumi, semakin besar percepatan gravitasi, maka partikel penyusun balok yang berada lebih dekat dengan permukaan tanah memiliki g yang lebih besar. Sebaliknya, partikel yang berada di atas permukaan tanah memiliki g lebih kecil. Pada Gambar 2.8 (c), partikel 1 yang bermassa m_1 memiliki g lebih besar, sedangkan partikel terakhir yang bermassa m_n memiliki g yang lebih kecil. Huruf n merupakan simbol partikel terakhir. Jumlah partikel sangat banyak dan kita juga tidak tahu secara pasti berapa jumlah partikel, sehingga cukup disimbolkan dengan huruf n .

Karena partikel yang bermassa m_1 memiliki g lebih besar, maka gaya berat yang bekerja padanya lebih besar dibandingkan dengan partikel terakhir. Jika Anda amati bagian balok, dari m_1 , hingga m_n , tampak bahwa semakin ke atas, jarak bagian balok 2 itu dari permukaan tanah semakin jauh. Tentu saja hal ini mempengaruhi nilai g pada masing-masing partikel penyusun balok tersebut. Untuk massa setiap partikel sama, maka yang menentukan besar gaya berat adalah percepatan gravitasi (g). Semakin ke atas, gaya berat (W) setiap partikel semakin kecil. Untuk massa setiap partikel berbeda maka gaya berat bergantung pada massa dan gravitasi. Pada kasus percepatan gravitasi tidak sama, pusat gravitasi dan pusat massa tidak sama.

Jika benda berada pada tempat yang memiliki nilai percepatan gravitasi (g) yang sama, maka gaya gravitasi bisa dianggap bekerja pada pusat massa benda itu. Untuk kasus seperti ini, titik berat benda berada pada pusat massa benda. Perlu diketahui bahwa penentuan titik berat benda juga perlu memperhatikan syarat-syarat keseimbangan.

Untuk kasus di atas, titik berat benda harus terletak pada pusat massa benda, agar syarat 1 terpenuhi. Syarat 2 mengatakan bahwa sebuah benda berada dalam keseimbangan statis jika jumlah semua torsi atau momen gaya yang bekerja pada benda adalah nol. Ketika titik berat berada pada pusat massa, lengan gaya adalah nol. Karena lengan gaya nol, maka tidak ada torsi yang dihasilkan oleh gaya berat.

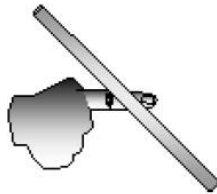
$$\text{Torsi} = \text{Momen Gaya} = \text{Gaya} \times \text{Lengan Gaya} = \text{Gaya berat} \times 0 = 0$$

Titik berat benda untuk tempat yang memiliki percepatan gravitasi (g) yang berbeda. Pada pembahasan sebelumnya, titik berat benda dianggap terletak pada pusat massa benda tersebut. Hal ini hanya berlaku jika benda berada di tempat yang memiliki percepatan

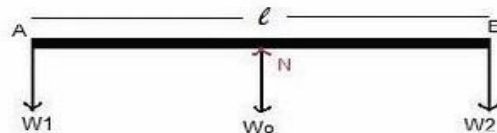


gravitasi (g) yang sama. Benda yang berukuran kecil bisa memenuhi kondisi ini, tetapi benda yang berukuran besar tidak.

Bagaimanapun, percepatan gravitasi (g) ditentukan oleh jarak dari pusat bumi. Bagian benda yang lebih dekat dengan permukaan tanah (maksudnya lebih dekat dengan pusat bumi), memiliki g yang lebih besar dibandingkan dengan benda yang jaraknya lebih jauh dari pusat bumi. Untuk memahami hal ini, amati ilustrasi pada Gambar 2.9 di bawah.



(a) Batang kayu diletakkan diatas jari



(b) Gaya-gaya yang bekerja pada batang kayu

Gambar 2.9. Batang kayu homogen

Sebuah batang kayu diletakkan di atas jari, tepat di tengah-tengah batang kayu. Anda dapat menganggap batang kayu tersusun dari potongan-potongan yang sangat kecil. Potongan-potongan batang yang sangat kecil ini bisa disebut sebagai partikel atau titik. Massa setiap partikel penyusun balok sama. Bentuk batang kayu simetris sehingga bisa menentukan pusat massanya dengan mudah. Pusat massa terletak di tengah-tengah batang kayu (lihat Gambar 2.9.b).

Bagaimanakah titik berat batang kayu di atas? Titik berat atau pusat gravitasi tidak tepat berada pada pusat massanya. Titik berat berada di bawah pusat massa balok. Hal ini disebabkan karena gaya berat partikel-partikel yang berada di sebelah bawah pusat massa balok (partikel-partikel yang lebih dekat dengan permukaan tanah) lebih besar daripada gaya berat partikel 2 yang ada di sebelah atas pusat massa (partikel 2 yang lebih jauh dari permukaan tanah).

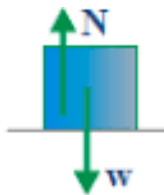
Hampir semua benda yang dipelajari berukuran kecil, sehingga Anda tetap menganggap titik berat benda berhimpit dengan pusat massa. Jarak antara setiap partikel dari pusat bumi (dari permukaan tanah) berbeda-beda, tetapi karena perbedaan jarak itu sangat kecil, maka perbedaan percepatan gravitasi (g) untuk setiap partikel tidak terlalu besar. Karenanya, perbedaan percepatan gravitasi bisa diabaikan. Anda tetap menganggap setiap bagian benda memiliki percepatan gravitasi yang sama.



4. Syarat-syarat kesetimbangan Statis

Benda dapat bergerak apabila digerakkan. Demikian juga benda yang bergerak bisa berhenti kalau dihentikan. Pada kesempatan kali ini akan dipelajari faktor-faktor apa saja yang menyebabkan benda tetap diam. Istilah lain adalah benda berada dalam kesetimbangan statis (*statis = diam*). **Statika** adalah ilmu fisika yang mempelajari gaya yang bekerja pada sebuah benda yang diam (benda berada dalam kesetimbangan statis). Contoh kondisi statis diantaranya sebuah batu yang diam di atas permukaan tanah, mobil yang sedang parkir di jalan atau garasi, kereta api yang sedang mangkal di stasiun, dan pesawat yang sedang parkir di bandara.

Pada benda yang diam, bukan berarti tidak ada gaya yang bekerja pada benda, paling sedikit ada gaya gravitasi bumi yang bekerja pada benda tersebut. Hukum II Newton menggambarkan bahwa jika terdapat gaya total yang bekerja pada sebuah benda maka benda itu akan mengalami percepatan. Ketika benda diam, gaya total bernilai nol, dengan demikian ada gaya lain yang mengimbangi gaya gravitasi, sehingga gaya total bernilai nol.



Besar gaya normal = besar gaya gravitasi
sehingga

Gaya total = 0.

Gambar 2.10. Gaya yang bekerja pada balok yang diam

Misalnya terdapat sebuah benda diam yang terletak di atas permukaan meja (Gambar 2.10). Pada benda bekerja gaya berat (W) yang arahnya tegak lurus ke bawah atau menuju pusat bumi. Gaya berat adalah gaya gravitasi yang bekerja pada benda. Gaya yang mengimbangi gaya gravitasi adalah gaya Normal (N). Arah gaya normal tegak lurus ke atas, berlawanan dengan arah gaya gravitasi. Kedua gaya ini bukan aksi reaksi karena gaya gravitasi dan gaya normal bekerja pada benda yang sama. Ingat, dua gaya disebut aksi reaksi hanya jika bekerja pada benda yang berbeda. Sekarang mari melangkah lebih jauh. Kali ini Anda mencoba melihat faktor-faktor apa saja yang membuat benda tetap dalam keadaan diam.

Syarat pertama:

Dalam hukum II Newton, telah dijelaskan bahwa jika terdapat gaya total yang bekerja pada sebuah benda (*benda dianggap sebagai partikel tunggal*), maka benda bergerak lurus searah gaya total. Anda dapat menyimpulkan bahwa untuk membuat sebuah benda diam, maka gaya total harus bernilai nol. Gaya total merupakan Jumlah semua gaya yang bekerja pada benda, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.



Persamaan Hukum II Newton: $\sum F = ma$

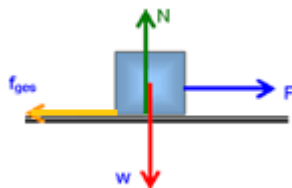
Ketika sebuah benda diam, benda tidak punya percepatan (a). Karena percepatan (a) bernilai nol, maka persamaan Hukum II Newton berubah menjadi:

$$\sum F = 0 \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{ll} \sum F_x = 0 & \text{Persamaan 1} \\ \sum F_y = 0 & \text{Persamaan 2} \\ \sum F_z = 0 & \text{Persamaan 3} \end{array}$$

Persamaan tersebut dapat diuraikan ke dalam komponen sumbu x, sumbu y dan sumbu z.

Jika gaya-gaya bekerja pada arah horisontal saja (satu dimensi), maka kita cukup menggunakan Persamaan 1. Huruf x menunjuk sumbu horisontal pada koordinat kartesius (koordinat x, y, z). Jika gaya-gaya bekerja pada arah vertikal saja (satu dimensi), maka kita cukup menggunakan persamaan 2. Huruf y menunjuk sumbu vertikal pada koordinat kartesius. Apabila gaya-gaya bekerja pada bidang (dua dimensi), maka kita menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2. Sebaliknya jika gaya-gaya bekerja dalam ruang (tiga dimensi), maka kita menggunakan persamaan 1, 2 dan 3.

Gaya merupakan besaran vektor (besaran yang punya nilai dan arah). Dengan berpedoman pada koordinat kartesius (x, y, z) dan sesuai dengan kesepakatan bersama, jika arah gaya menuju sumbu x negatif (ke kiri) atau sumbu y negatif (ke bawah), maka gaya tersebut bernilai negatif. Kita cukup menulis tanda negatif di depan angka yang menyatakan besar gaya. Amati Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Benda berada dalam keadaan diam, karena jumlah semua gaya yang bekerja padanya bernilai nol

Keterangan gambar :

- F : gaya tarik
- f_{ges} : gaya gesek
- N : gaya normal
- w : gaya berat
- m : massa
- g : percepatan gravitasi

Sekarang Anda tinjau setiap gaya yang bekerja pada benda. Gaya yang bekerja pada komponen horisontal (*sumbu x*) adalah:

$$\sum F_x = 0$$

$$F - f_{ges} = 0, \text{ sehingga : } F = f_{ges}$$

Gaya tarik (F) dan gaya gesek (f_{ges}) mempunyai besar yang sama. Arah kedua gaya ini berlawanan. Arah gaya tarik ke kanan atau menuju sumbu x positif (bernilai positif), sebaliknya arah gaya gesekan ke kiri atau menuju sumbu x negatif (bernilai negatif). Karena besar kedua gaya sama (ditandai dengan panjang panah) dan arahnya berlawanan, maka jumlah kedua gaya ini = 0. Sekarang Anda tinjau gaya yang bekerja pada komponen vertikal (*sumbu y*) berikut ini.



$$\sum F_y = 0$$

$$N - w = 0$$

$$N - mg = 0$$

$$N = mg$$

Pada komponen vertikal (sumbu y), terdapat gaya berat (w) dan gaya normal (N). Arah gaya berat tegak lurus menuju pusat bumi atau menuju sumbu y negatif (bernilai negatif), sedangkan arah gaya normal berlawanan dengan arah gaya berat atau menuju sumbu y positif (bernilai positif). Karena besar kedua gaya ini sama sedangkan arahnya berlawanan maka kedua gaya saling meniadakan. Benda pada Gambar 2.11 berada dalam keadaan seimbang atau diam, karena gaya total atau jumlah semua gaya yang bekerja pada benda, baik pada sumbu horisontal maupun sumbu vertikal bernilai nol.

Selanjutnya Amati Gambar 2.12. Pada benda terdapat torsi.

Torsi (τ) = gaya (F) x lengan gaya (l). Panjang lengan gaya (l) diukur dari sumbu rotasi benda tersebut. Dalam hal ini, yang membuat benda berputar adalah torsi total. Jika dianggap tidak ada gaya gesekan pada benda, maka torsi total adalah jumlah torsi yang ditimbulkan oleh kedua gaya itu. Arah rotasi benda searah dengan putaran jarum jam, sehingga kedua torsi bernilai negatif (tidak saling meniadakan).



Gambar 2.12. Batang berotasi

Pada benda di Gambar 2.12 bekerja gaya berat dan gaya normal namun komponen gaya berat dan gaya normal tidak digambarkan, karena kedua gaya itu saling meniadakan dan bekerja pada sumbu rotasi sehingga torsi nol. Pada kedua sisi benda dikerjakan gaya sama besar, tetapi berlawanan arah. Apakah benda akan tetap dalam keadaan seimbang? tentu saja tidak, benda akan berotasi.

Untuk membantu memahami hal ini, coba letakkan sebuah buku di atas meja. Selanjutnya, berikan gaya pada kedua sisi buku itu. Ketika Anda memberikan gaya pada kedua sisi buku, itu sama saja dengan Anda memutar buku. Tentu saja buku akan berputar atau berotasi. Dalam hal ini buku tidak berada dalam keadaan setimbang lagi. Berdasarkan contoh ini, bisa dikatakan bahwa untuk membuat sebuah benda tetap diam, syarat 1 saja belum cukup. Kita masih membutuhkan syarat tambahan.

Syarat Kedua:

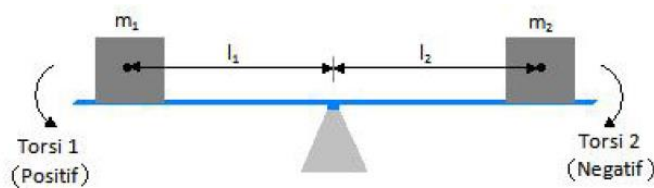
Dalam dinamika rotasi, jika terdapat torsi total yang bekerja pada sebuah benda (benda dianggap sebagai benda tegar), maka benda akan melakukan gerak rotasi. Dengan demikian, agar benda tidak berotasi (tidak bergerak), maka torsi total harus bernilai nol. Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut. Persamaan Hukum II Newton untuk gerak



rotasi adalah $\sum \tau = I \alpha$. Ketika sebuah benda diam (tidak berotasi), benda tidak punya percepatan sudut (α : *alfa*). Karena percepatan sudut (α) = 0, maka persamaan berubah menjadi:

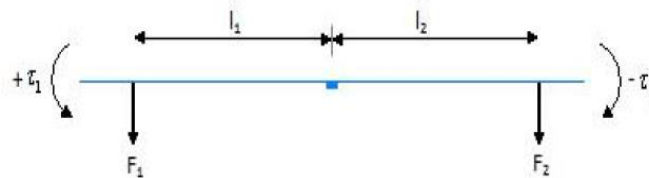
$$\sum \tau = 0$$

Amati Gambar 2.13. Dua benda, masing-masing bermassa m_1 dan m_2 diletakkan di atas papan jungkat-jungkit ($m_1=m_2$). Lengan gaya untuk gaya berat benda pertama adalah l_1 , sedangkan lengan gaya untuk gaya berat benda kedua adalah l_2 dengan panjang lengan pertama sama dengan lengan kedua ($l_1=l_2$). Papan jungkat-jungkit tidak bergerak atau berada dalam keadaan seimbang statik, karena $m_1=m_2$ dan $l_1=l_2$. Arah rotasi itu sengaja digambar, untuk menunjukkan kepada Anda bahwa jungkat-jungkit juga bisa berotasi.



Gambar 2.13. Dua buah benda berada pada kedua ujung jungkat jungkit

Apabila Gambar 2.13 disederhanakan, sehingga yang kita tinjau hanya komponen gaya, lengan gaya dan torsi yang bekerja pada benda, lihat gambar 2.14 berikut ini.



Gambar 2.14 Gaya yang diakibatkan oleh benda bermassa pada papan jungkat-jungkit sebenarnya merupakan gaya berat (w). Ditulis F saja biar Anda bisa langsung nyambung dengan persamaan torsi.

Sekarang Anda tinjau torsi yang bekerja pada papan jungkat-jungkit. Jika Anda menganggap gaya F_1 bisa menyebabkan papan jungkat jungkit bergerak ke bawah, maka arah putaran papan (sebelah kiri) berlawanan dengan arah gerakan jarum jam. Karena arah putaran berlawanan dengan jarum jam, maka Torsi 1 (bagian kiri) bernilai positif. Demikian juga, apabila Anda menganggap gaya F_2 bisa menyebabkan papan berputar maka arah putaran papan (bagian kanan) searah dengan putaran jarum jam. Karena arah putaran papan searah dengan gerakan jarum jam, maka torsi 2 bernilai negatif. Tanda positif dan negatif ini hanya kesepakatan saja. Gaya yang diakibatkan oleh benda bermassa pada papan jungkat-jungkit sebenarnya merupakan gaya berat (w). Sekarang Anda tinjau torsi yang bekerja pada bagian kiri.

$$\tau = F.l \sin \theta$$



$$\tau_1 = (F_1).(l_1 \sin \theta)$$

Arah gaya tegak lurus dari sumbu rotasi, sehingga sudut yang dibentuk 90°

$$\tau_1 = (F_1).(l_1 \sin 90^\circ) ; \sin 90^\circ = 1$$

$$\tau_1 = (F_1).(l_1)$$

Sekarang Anda tinjau torsi yang bekerja pada bagian kanan.

$$\tau_2 = (F_2).(l_2 \sin \theta)$$

Arah gaya tegak lurus dari sumbu rotasi, sehingga sudut yang dibentuk 90°

$$\tau_2 = (F_2).(l_2 \sin 90^\circ) ; \sin 90^\circ = 1$$

$$\tau_2 = (F_2).(l_2)$$

Torsi 1 dan torsi 2 sudah Anda pelajari, selanjutnya pelajari persamaan syarat kedua agar benda tetap dalam keadaan seimbang.

$$\sum \tau = 0$$

$$\tau_2 - \tau_1 = 0$$

$$(F_2).(l_2) - (F_1).(l_1) = 0$$

$$(F_1).(l_1) = (F_2).(l_2)$$

5. Jenis-jenis keseimbangan

Tidak semua benda yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari selalu berada dalam keadaan diam. Mungkin pada mulanya benda diam, tetapi jika diberi gangguan (misalnya ditiup angin) benda bisa saja bergerak. Permasalahannya adalah apakah setelah bergerak, benda itu kembali lagi ke posisinya semula atau tidak. Hal ini sangat bergantung pada jenis keseimbangan benda tersebut.

Jika sebuah benda yang sedang diam mengalami gangguan (terdapat gaya total atau torsi total yang bekerja pada benda), tentu saja benda akan bergerak (berpindah tempat). Setelah bergerak, akan ada tiga kemungkinan, yakni apabila setelah bergerak benda kembali ke posisinya semula, benda tersebut dikatakan berada dalam keseimbangan stabil (kemungkinan 1). Apabila setelah bergerak benda bergerak lebih jauh lagi, maka benda dikatakan berada dalam keseimbangan labil atau tidak stabil (kemungkinan 2). Sebaliknya, jika setelah bergerak, benda tetap berada pada posisinya yang baru, benda dikatakan berada dalam keseimbangan netral (kemungkinan 3). Untuk lebih memahami permasalahan ini, alangkah baiknya jika Anda pelajari satu persatu.

a) Keseimbangan Stabil

Misalnya mula-mula benda diam, dalam hal ini tidak ada gaya total atau torsi total yang bekerja pada benda tersebut. Jika pada benda dikerjakan gaya atau torsi

Karakter Integritas

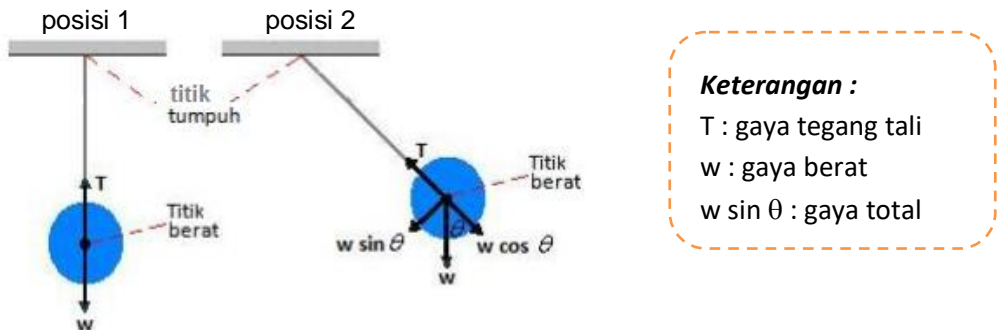


Manusia adil adalah manusia yang dapat menempatkan sesuatu pada tempatnya. Keadilan dapat menciptakan kehidupan yang stabil karena terjadi keseimbangan satu sama lain, sehingga tidak ada yang merasa hak-hak nya terampas. Sebaliknya ketidakadilan dapat menciptakan kekacauan, goyahnya kehidupan yang dapat menghancurkan keutuhan kehidupan manusia. Kesetimbangan benda tegar mengajarkan kepada kita, agar berlaku adil, agar konstruksi kehidupan dapat seimbang, terbangun secara kokoh, dan tidak goyah berotasi atau bertranlasi.



(terdapat gaya total atau torsi total pada benda itu), benda akan bergerak. Benda dikatakan berada dalam keseimbangan stabil, jika setelah bergerak, benda kembali lagi ke posisi semula. Dalam hal ini, yang menyebabkan benda bergerak kembali ke posisi semula adalah gaya total atau torsi total yang muncul setelah benda bergerak. Untuk memudahkan pemahaman Anda, cermati contoh di bawah.

Contoh 1.



Gambar 2.15 . Sebuah bola digantung dengan seutas tali

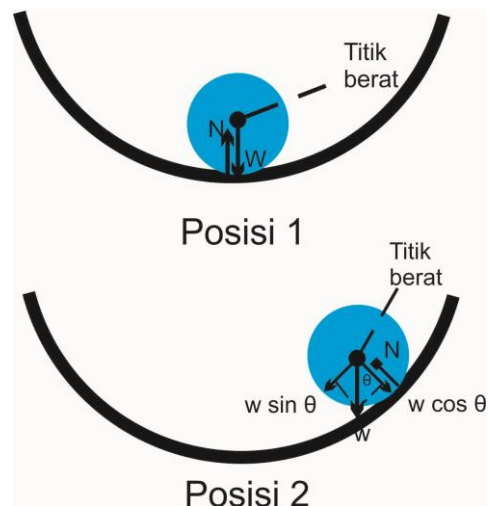
Mula-mula benda berada dalam keseimbangan statis/benda diam (posisi 1). Setelah didorong, benda bergerak ke kanan (posisi 2). Sekuat apapun Anda mendorong atau menarik bola, bola akan kembali lagi ke posisi semula setelah puas bergerak. Sebagaimana tampak pada gambar, titik berat bola berada di bawah titik tumpu. Untuk kasus seperti ini, bola atau benda apapun yang digantung selalu berada dalam keseimbangan stabil.

Pada posisi 2. Bola bergerak kembali ke posisi seimbang akibat adanya gaya total yang bekerja pada bola ($w \sin \theta$). Gaya tegangan tali (T) dan komponen gaya berat yang sejajar dengan tali ($w \cos \theta$) saling meniadakan, karena kedua gaya ini memiliki besar yang sama tetapi arahnya berlawanan.

Contoh 2:

Amati sebuah kelereng dalam sebuah mangkuk besar pada Gambar 2.16. Mula-mula kelereng berada dalam keadaan diam (posisi 1). Setelah digerakkan, bola berguling ke kanan (posisi 2).

Perhatikan diagram gaya yang bekerja pada bola (posisi 2). Komponen gaya berat yang tegak lurus permukaan mangkuk ($w \cos \theta$) dan gaya normal (N) saling meniadakan, karena besar kedua gaya ini sama dan arahnya berlawanan.



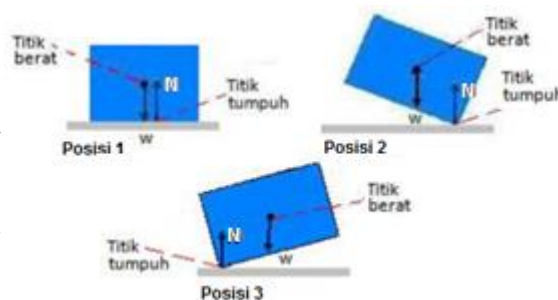
Gambar 2.16. Gaya-gaya yang bekerja pada kelereng di dalam sebuah mangkuk



Bola bergerak kembali ke posisinya semula akibat adanya komponen gaya berat yang sejajar dengan permukaan mangkuk ($w \sin \theta$), merupakan gaya total yang berperan menggulingkan bola kembali ke posisi seimbang. Contoh ini juga menunjukkan bahwa bola berada dalam keseimbangan stabil, karena setelah bergerak, bola kembali lagi ke posisinya semula.

Contoh 3:

Pada Gambar 2.17, mula-mula benda berada dalam keseimbangan statis/diam (posisi 1), jumlah gaya total yang bekerja pada benda bernilai nol. Pada benda hanya bekerja gaya berat (w) dan gaya normal (N),

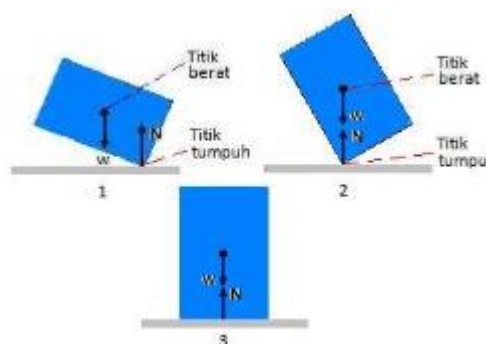


Gambar 2.17. Balok dalam berbagai posisi

dimana besar gaya normal sama dengan besar gaya berat. Karena arahnya berlawanan, maka kedua gaya ini saling meniadakan. Posisi 2 menunjukkan posisi benda setelah didorong. Perhatikan posisi titik berat dan titik tumpu. Jika posisi titik berat masih berada di sebelah kiri titik tumpu, maka benda masih bisa kembali ke posisi semula. Benda bisa bergerak kembali ke posisi semula akibat adanya torsi total yang dihasilkan oleh gaya berat. Dalam hal ini, titik tumpu berperan sebagai sumbu rotasi.

Bagaimana kalau benda terangkat ke kiri seperti yang ditunjukkan posisi 3? Kasusnya mirip seperti ketika benda terangkat ke kanan (posisi 2). Perhatikan posisi titik berat dan titik tumpu. Benda masih bisa kembali ke posisi semula karena titik berat berada di sebelah kanan titik tumpu. Torsi total yang dihasilkan oleh gaya berat menggerakkan benda kembali ke posisi semula (*Titik tumpu berperan sebagai sumbu rotasi*). Untuk kasus seperti ini, biasanya benda tetap berada dalam keseimbangan stabil kalau setelah bergerak, titik berat benda tidak melewati titik tumpu. Minimal titik berat tepat berada di atas titik tumpu. Untuk memahami hal ini, amati Gambar 2.18 berikut ini.

Misalnya mula-mula benda diam. Benda akan kembali ke posisi semula jika setelah didorong, posisi benda condong ke kanan seperti ditunjukkan posisi 1 atau posisi 2. Dalam hal ini, titik berat benda masih berada di sebelah kiri titik tumpu atau titik berat tepat berada di atas titik tumpu. Untuk kasus seperti ini, benda masih berada dalam keseimbangan stabil. Sebaliknya,



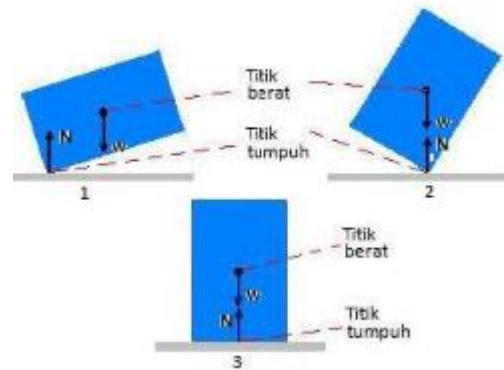
Gambar 2.18. Posisi titik berat dan titik tumpu pada berbagai posisi balok (bergerak ke kanan)

apabila setelah didorong dan bergerak, titik berat benda berada di sebelah kanan titik tumpu, maka benda tidak akan kembali ke posisi semula lagi, tetapi terus berguling ke kanan/ benda terus bergerak menjauh dari posisi



semula (posisi 3). Untuk kasus seperti ini, benda tidak berada dalam keseimbangan stabil lagi.

Perhatikan gambar 2.19, persoalannya mirip dengan contoh sebelumnya, bedanya benda bergerak ke kiri. Benda berada dalam keseimbangan stabil (benda masih bisa bergerak kembali ke posisi seimbang), jika setelah bergerak, titik berat benda berada di sebelah kanan titik tumpu (posisi 1) atau titik berat benda tepat berada di atas titik tumpu (posisi 2). Sebaliknya, jika setelah didorong dan bergerak,



Gambar 2.19. Posisi titik berat dan titik tumpu pada berbagai posisi balok (*bergerak ke kiri*)

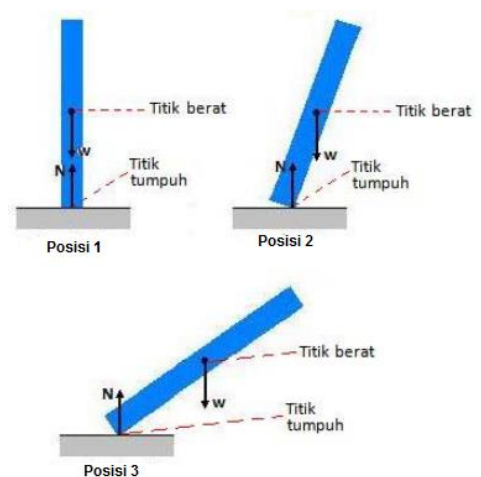
titik berat berada di sebelah kiri titik tumpu, maka benda tidak akan kembali ke posisi semula, tetapi terus berguling ke kiri. Jika kasusnya seperti ini, benda tidak berada dalam keseimbangan stabil. Benda berada dalam keseimbangan labil/ tidak stabil.

Pada umumnya, jika titik berat benda berada di bawah titik tumpu, maka benda selalu berada dalam keseimbangan stabil. Sebaliknya, apabila titik berat benda berada di atas titik tumpu, keseimbangan benda menjadi relatif. Benda bisa berada dalam keseimbangan stabil, benda juga bisa berada dalam keseimbangan labil. Batas maksimum keseimbangan stabil (benda masih bisa bergerak kembali ke posisi semula) adalah ketika titik berat tepat berada di atas titik tumpu. Hal ini disebabkan karena gaya normal yang mengimbangi gaya gravitasi masih berada dalam daerah kontak, sehingga torsi yang dikerjakan gaya berat bisa mendorong benda kembali ke posisi semula. Kalau titik berat sudah melewati titik tumpu, maka torsi yang dikerjakan oleh gaya berat akan membuat benda bergerak lebih jauh lagi.

b) Keseimbangan labil atau tidak stabil

Sebuah benda dikatakan berada dalam keseimbangan labil atau tidak stabil apabila setelah bergerak, benda bergerak lebih jauh lagi dari posisinya semula. Biar lebih memahami, amati Gambar 2.20 berikut ini.

Contoh 1: Sebuah balok mula-mula diam (posisi 1). Setelah diberi gaya balok tersebut bergerak atau akan tumbang ke tanah (posisi 2). Amati posisi titik berat dan titik tumpu. Posisi titik berat berada di sebelah



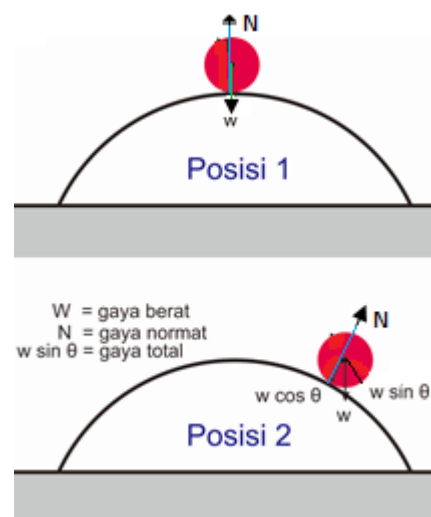
Gambar 2.20. Balok dalam keseimbangan labil



kanan titik tumpu. Adanya torsi total yang dihasilkan oleh gaya berat (w) membuat balok bergerak semakin jauh dari posisinya semula (posisi 3). Titik tumpu berperan sebagai sumbu rotasi.

Contoh 2: Sebuah bola, mula-mula sedang diam di atas puncak wajan yang dibalik (posisi 1). Setelah ditiup angin, bola bergerak ke kanan (posisi 2). Amati gaya-gaya yang bekerja pada bola tersebut. Komponen gaya berat yang tegak lurus permukaan wajan ($w \cos \theta$) dan gaya normal (N) saling menyalpkan karena kedua gaya ini mempunyai besar yang sama tapi arahnya berlawanan.

Pada bola bekerja juga komponen gaya berat yang sejajar permukaan wajan ($w \sin \theta$). $w \sin \theta$ merupakan gaya total yang menyebabkan bola terus berguling ke bawah menjauhi posisinya semula.



Gambar 2.21. Keseimbangan labil sebuah bola

c) Keseimbangan Netral

Sebuah benda dikatakan berada dalam keseimbangan netral jika setelah digerakkan, benda tersebut tetap diam di posisinya yang baru (benda tidak bergerak kembali ke posisi semula; benda juga tidak bergerak menjauhi posisi semula).

Contoh 1:

Pada Gambar 2.22, bola berada di atas permukaan horisontal (bidang datar). Jika bola didorong, bola bergerak. Setelah bergerak, bola tetap diam di posisinya yang baru. Dengan kata lain, bola sudah malas balik ke posisinya semula; bola juga malas bergerak lebih jauh lagi dari posisinya semula.



Gambar 2.22. Bola dalam keseimbangan netral

Contoh 2:

Gambar 2.23 merupakan sebuah drum berbentuk silinder. Silinder berada di atas permukaan bidang datar. Kasusnya sama seperti bola di atas. Jika didorong, silinder akan berguling. Setelah tiba di posisinya yang baru, silinder tetap diam di situ.



Gambar 2.23. Silinder dalam keseimbangan netral

Agar Anda semakin paham, silahkan melakukan percobaan sederhana, gunakan benda yang bentuknya mirip dengan benda-benda tersebut.

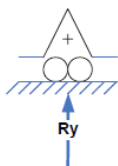


6. Penerapan Kesetimbangan dalam Kehidupan

Penggunaan konsep kesetimbangan dalam kehidupan misalnya dalam bidang konstruksi. Penerapan konsep tersebut perlu diperhatikan beberapa hal berikut ini.

- Suatu partikel dalam keadaan keseimbangan jika resultan semua gaya yang bekerja pada partikel tersebut nol.
- Jika pada suatu partikel diberi 2 gaya yang sama besar, mempunyai garis gaya yang sama dan arah berlawanan, maka resultan gaya tersebut adalah NOL. Hal tersebut menunjukkan partikel dalam keseimbangan.
- Sebuah benda tegar dikatakan dalam keseimbangan jika gaya-gaya yang bereaksi pada benda tersebut membentuk gaya / sistem gaya ekuivalen dengan nol
- Sistem tidak mempunyai resultan gaya dan resultan kopel.
- Syarat perlu dan cukup untuk keseimbangan suatu benda tegar secara analitis adalah:
 - jumlah gaya arah $x = 0$ ($\Sigma F_x = 0$)
 - jumlah gaya arah $y = 0$ ($\Sigma F_y = 0$)
 - jumlah momen = 0 ($\Sigma M = 0$)
- Dari persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa benda tidak bergerak dalam arah translasi atau arah rotasi (diam).
- Jika ditinjau dari Hukum III Newton, maka keseimbangan terjadi jika gaya aksi mendapat reaksi yang besarnya sama dengan gaya aksi tetapi arahnya saling berlawanan.
- Terdapat tiga jenis tumpuan atau peletakan yang biasa digunakan dalam suatu konstruksi yaitu tumpuan sendi, tumpuan roll, tumpuan jepit.

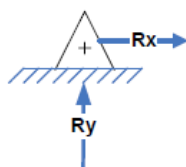
1) Tumpuan Roll



- Dapat memberikan reaksi berupa gaya vertikal ($R_y = F_y$)
- Tidak dapat menerima gaya horizontal (F_x).
- Tidak dapat menerima momen
- Jika diberi gaya horisontal, akan bergerak menggelinding karena sifat roll.



2) Tumpuan Sendi (engsel)

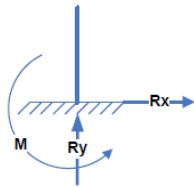


- Mampu menerima 2 reaksi gaya :
 - gaya vertikal (F_y)
 - gaya horisontal (F_x)
- Tidak dapat menerima momen (M).
- Jika diberi beban momen, karena sifat sendi, maka akan berputar.





3) Tumpuan Jepit



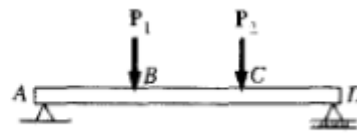
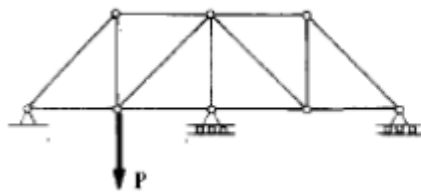
- Dapat menerima semua reaksi:
 - a) gaya vertikal (F_y)
 - b) gaya horizontal (F_x)
 - c) momen (M)
- Dijepit berarti dianggap tidak ada gerakan sama sekali.



i) Beban (muatan) merupakan aksi/ gaya/ beban yang mengenai struktur. Beban dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan cara bekerja dari beban tersebut.

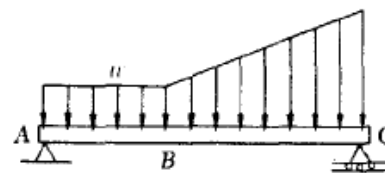
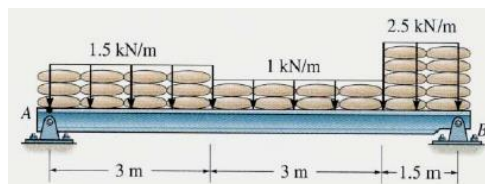
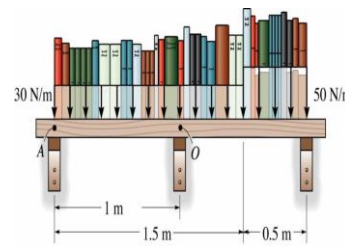
1) Beban titik/beban terpusat.

Beban yang mengenai struktur hanya pada satu titik tertentu secara terpusat.



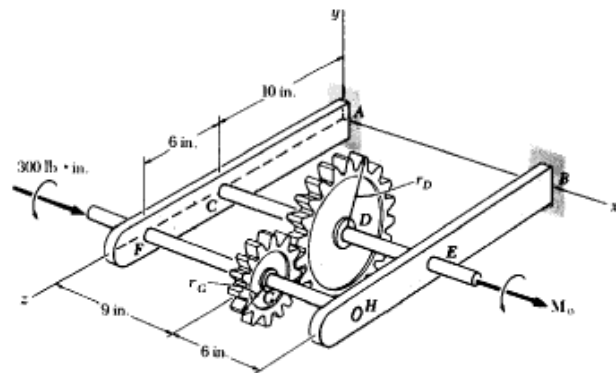
2) Beban terdistribusi merata.

Beban yang mengenai struktur tidak terpusat tetapi terdistribusi, baik terdistribusi merata ataupun tidak merata. Sebagai contoh beban angin, air dan tekanan.



3) Beban momen.

Beban momen dapat berupa adanya beban titik pada konstruksi menimbulkan momen atau momen yang memang diterima oleh konstruksi seperti momen punter (torsi) pada poros transmisi.



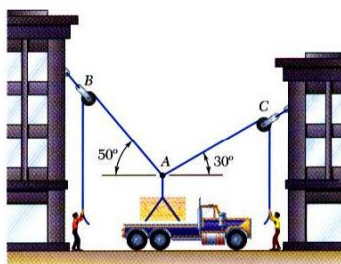


- j) Dalam konstruksi mekanika teknik yang sesungguhnya, beban yang dialami oleh struktur merupakan beban gabungan. Misalnya sebuah jembatan dapat mengalami beban titik, beban bergerak, beban terbagi merata, beban angin dll.
- k) Semua beban harus dihitung dan menjadi komponen **AKSI**, yang akan diteruskan ke tumpuan/peletakan, dimana tumpuan akan memberikan **REAKSI**, sebesar aksi yang diterima, sehingga terpenuhi:

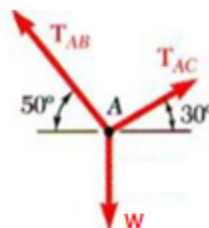
$$\text{AKSI} = \text{REAKSI}$$

- l) Fokus dalam Mekanika Teknik (Statika Struktur) adalah **Statis Tertentu**. Bahwa persoalan yang dipelajari dapat diselesaikan hanya dengan menggunakan 3 persamaan keseimbangan statik yaitu: $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$, $\Sigma M = 0$. Jika persoalan tidak dapat diselesaikan dengan 3 persamaan tersebut dan membutuhkan lebih banyak persamaan, maka disebut dengan **Statis Tak Tentu**.
- m) Kesetabilan konstruksi statis tertentu diperoleh jika :
- 1) Semua gejala gerakan (gaya) mengakibatkan perlawanan (reaksi) terhadap gerakan tersebut
 - 2) Suatu konstruksi statis tertentu akan stabil jika reaksi-reaksinya dapat dihitung dengan persamaan statis tertentu
- n) Dalam menganalisis suatu persoalan mekanika teknik, biasanya digunakan beberapa diagram yang dapat mendukung kemudahan analisis tersebut.
- 1) *Diagram Ruang*. Suatu diagram yang menggambarkan kondisi/situasi suatu masalah teknik yang sesungguhnya, dapat berupa skema, sketsa, atau ilustrasi.
 - 2) *Diagram Benda Bebas*. Diagram yang menggambarkan semua gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda dalam keadaan bebas. Dalam menganalisis persoalan mekanika diagram benda bebas ini sangat diperlukan untuk membantu memahami dan menggambarkan masalah keseimbangan gaya dari suatu benda.

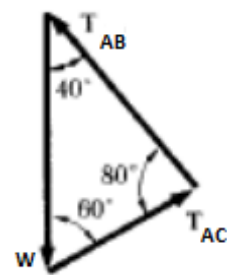
Contoh 1: Benda Partikel dengan metode segitiga



(a) Diagram ruang



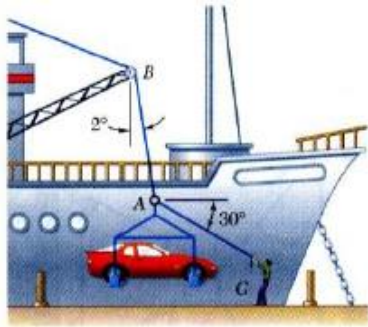
(b) Diagram Benda Bebas



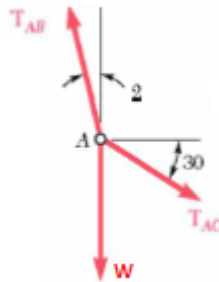
(c) Segi tiga



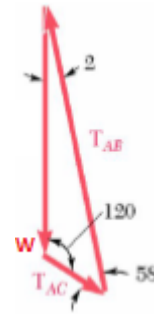
Contoh 2: Benda Partikel dengan metode poligon



(a) Diagram ruang



(b) Diagram Benda Bebas



(c) polygon gaya

Contoh 2: Benda Tegar

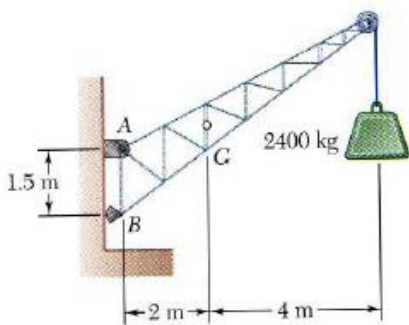


Diagram ruang

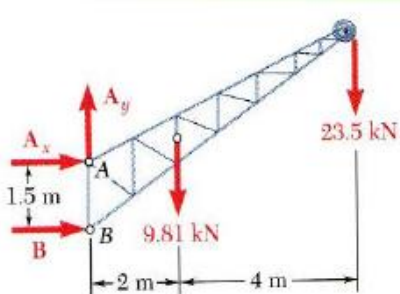
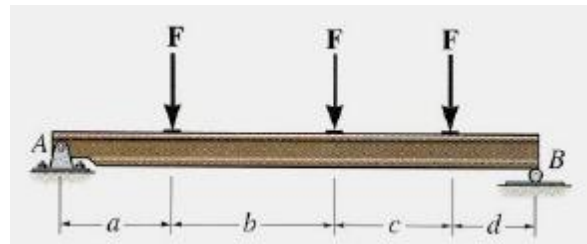
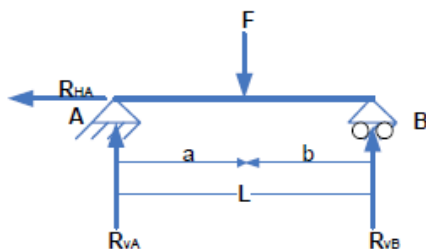


Diagram Benda Bebas



o) Contoh kasus sederhana penerapan Benda tegar

1) Balok Sederhana



- 3 buah gaya reaksi yang mungkin:
 R_{HA} : reaksi horisontal A
 R_{VA} : reaksi vertikal A
 R_{VB} : reaksi vertikal B

Anggap AB sebagai *free body* (benda bebas)

- Syarat keseimbangan statis:
 a) $\sum F_x = 0 \rightarrow R_{HA} = 0$ (tidak ada aksi)

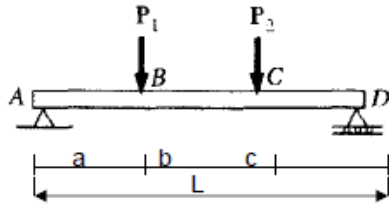


$$b) \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{VA} + R_{VB} - F = 0$$

$$c) \Sigma M_A = 0 \rightarrow (F \cdot a) - (R_{VB} \cdot L) = 0 \text{ atau } R_{VB} = \frac{F \cdot a}{L} \text{ atau } \frac{a}{L} \cdot F$$

$$d) \Sigma M_B = 0 \rightarrow (F \cdot b) - (R_{VA} \cdot L) = 0 \text{ atau } R_{VA} = \frac{b}{L} \cdot F$$

2) Balok sederhana dengan muatan/beban lebih dari satu.



$$a) \Sigma M_A = 0 \text{ diperoleh } R_{VB}$$

$$b) \Sigma M_B = 0 \text{ diperoleh } R_{VA}$$

$$c) \Sigma F_y = 0 \text{ untuk pengecekan hasil perhitungan}$$

$$d) \Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{HA} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

3) Balok sederhana dengan beban merata.

- Beban terbagi merata Q (N/m). Total beban = $Q \times L$ dengan L panjang beban

- Beban terbagi merata dapat diwakili oleh satu beban titik yang posisinya berada ditengah-tengah (titik berat beban), digambarkan oleh $F_R = Q \times L$

$$a) \Sigma M_A = 0$$

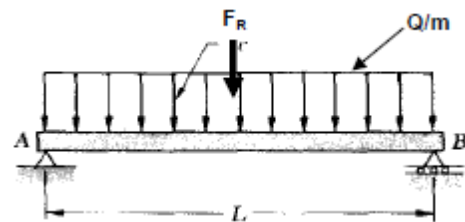
$$R_{VB} = \frac{1}{2} QL = \frac{1}{2} F_R$$

$$b) \Sigma M_B = 0$$

$$R_{VA} = \frac{1}{2} QL = \frac{1}{2} F_R$$

$$c) \Sigma F_H = 0$$

$$R_{HA} = 0 \text{ (tidak ada gaya horisontal)}$$



4) Balok sederhana dengan beban Overhang.

$$a) \Sigma M_A = 0$$

$$F \cdot (a + b) - R_{VB} \cdot a = 0$$

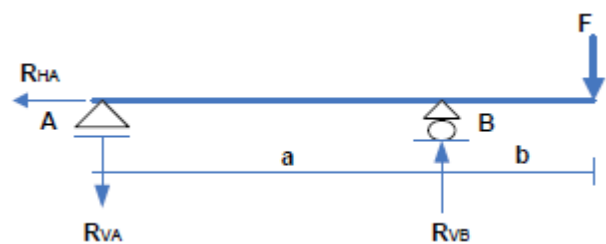
$$R_{VB} = \frac{F \cdot (a + b)}{a}$$

$$b) \Sigma M_B = 0$$

$$F \cdot b + R_{VA} \cdot a = 0$$

$$R_{VA} = -\frac{F \cdot b}{a}$$

Tanda (-) menunjukkan bahwa reaksi R_{VA} ke bawah



$$c) \Sigma F_H = 0$$

$$R_{HA} = 0 \text{ (tidak ada gaya horisontal)}$$

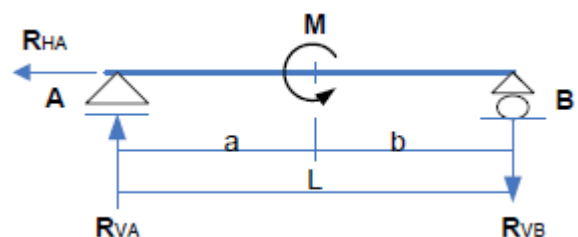
5) Balok sederhana dengan beban momen.

$$a) \Sigma M_A = 0$$

$$M + R_{VB} \cdot L = 0$$

$$R_{VB} = -\frac{M}{L} (\downarrow)$$

$$b) \Sigma M_B = 0$$





$$M - R_{VA} \cdot L = 0$$

$$R_{VA} = \frac{M}{L} (\uparrow)$$

c) $\Sigma F_H = 0$

$R_{HA} = 0$ (tidak ada gaya horisontal)

6) Balok Kantilever

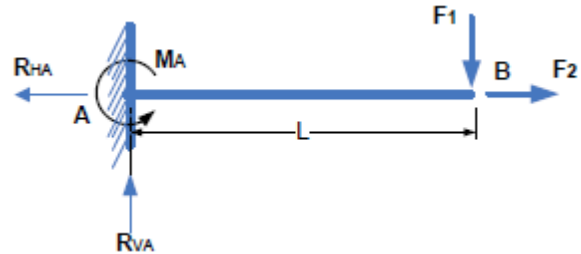
a) $\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{HA} = F_2$

b) $\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{VA} = F_1$

c) $\Sigma M_A = 0 \rightarrow (F_1 \cdot L) - M_A = 0$

$$M_A = F_1 \cdot L$$

M_A adalah momen jepit ditumpuan A

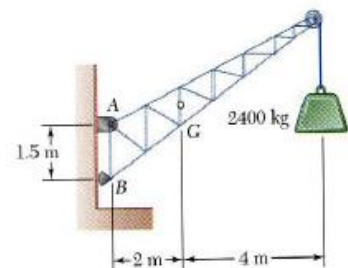


p) Langkah-langkah perhitungan pada kesetimbangan benda tegar di bidang konstruksi adalah sebagai berikut:

- Gambarkan diagram benda bebas dengan benar untuk memudahkan analisis.
- Jenis tumpuan yang digunakan harus diperhatikan dengan baik, hal ini berkaitan dengan reaksi yang dapat diterima oleh tumpuan tersebut.
- Bentuk dan arah beban (gaya/muatan) harus diperhatikan dengan baik.
- Gaya dengan posisi tidak tegak lurus terhadap sumbu utama harus diuraikan terlebih dahulu menjadi komponen gaya arah sumbu x dan y. Hal ini berkaitan dengan perhitungan momen yang terjadi. Momen hanya dapat dihitung jika gaya dan batang dalam posisi saling tegak lurus.
- Buat asumsi awal terhadap arah reaksi di tumpuan. Jika hasil perhitungan bertanda negatif, maka arah gaya reaksi sesungguhnya berlawanan dengan arah asumsi awal.
- Gunakan persamaan kesimbangan statis yaitu:
 - ✓ $\Sigma F_x = 0$
 - ✓ $\Sigma F_y = 0$
 - ✓ $\Sigma M = 0$

Kasus 1.

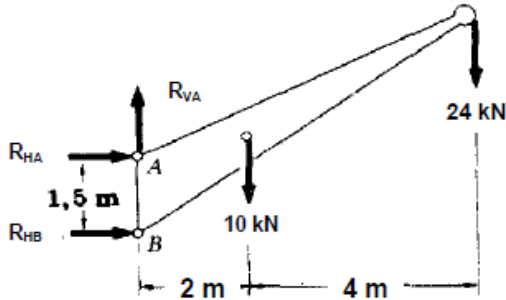
Perhatikan konstruksi derek (*crane*) berikut. A tumpuan sendi, B tumpuan roll. Beban Derek tetap 1000 kg dengan pusat gravitasi di G. Derek digunakan untuk memindahkan beban seberat 2400 kg. Tentukan reaksi di A dan B dalam arah vertikal dan horisontal. (*percepatan gravitasi 10 m/s²*)





Penyelesaian:

- $F_{\text{beban}} = 2400 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$ (percepatan gravitasi)
 $= 24000 \text{ N} = 24 \text{ kN}$
- $F_{\text{derek}} = 1000 \text{ kg} = 10000 \text{ N} = 10 \text{ kN}$
- Diagram benda bebas



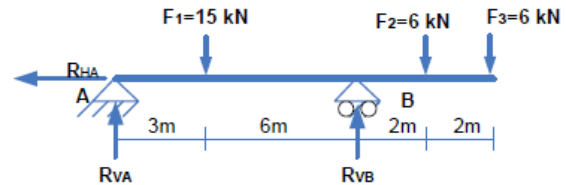
- a) $\Sigma M_A = 0$
 $24 \cdot 6 + 10 \cdot 2 - R_{HB} \cdot 1,5 = 0$
 $R_{HB} = \frac{24 \cdot 6 + 10 \cdot 2}{1,5} = 109,3 \text{ kN} (\rightarrow)$
- b) $\Sigma M_B = 0$
 $24 \cdot 6 + 10 \cdot 2 + R_{HA} \cdot 1,5 = 0$
 $R_{HA} = -\frac{24 \cdot 6 + 10 \cdot 2}{1,5} = -109,3 \text{ kN} (\leftarrow)$
- c) $\Sigma F_V = 0$
 $R_{VA} - 10 - 24 = 0$
 $R_{VA} = 34 \text{ kN} (\uparrow)$

Kasus 2

Cari reaksi di A dan B dari konstruksi balok sederhana berikut ini. Asumsi awal R_{VA} dan R_{VB} ke atas (\uparrow)!

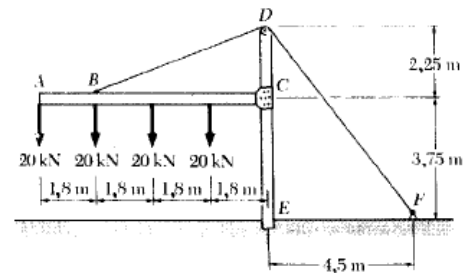
Penyelesaian:

- $\Sigma M_A = 0$
 $R_{VB} \cdot 9 - (15 \cdot 3) - (6 \cdot 11) - (6 \cdot 13) = 0$
 $R_{VB} = \frac{15 \cdot 3 + 6 \cdot 11 + 6 \cdot 13}{9} = 21 \text{ kN} (\uparrow)$
- $\Sigma M_B = 0$
 $R_{VA} \cdot 9 - (15 \cdot 6) + (6 \cdot 2) + (6 \cdot 4) = 0$
 $R_{VA} = \frac{15 \cdot 6 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 4}{9} = 6 \text{ kN} (\uparrow)$
- Pemeriksaan perhitungan:
 $\Sigma F_V = 0$
 $F_1 + F_2 + F_3 - R_{VA} - R_{VB} = 0$
 $15 + 6 + 6 - 6 - 21 = 0$
 $0 = 0 \dots\dots\dots$ terbukti
- $\Sigma F_H = 0$
 $R_{HB} = 0$ karena tidak ada beban horisontal



Kasus 3.

Struktur yang ada di samping digunakan untuk mendukung sebagian atap bangunan. Jika diketahui tegangan pada tali sebesar 150 kN, tentukan reaksi di tumpuan E yang merupakan tumpuan jepit.





Penyelesaian:

(i) Buat diagram benda bebas.

Reaksi di tumpuan E terdiri dari 3 karena E merupakan tumpuan jepit yaitu: reaksi vertikal, reaksi horisontal dan momen.

(ii) Sudut yang dibentuk oleh tali terhadap sumbu tegak adalah:

$$DF = \sqrt{ED^2 + EF^2} = \sqrt{6^2 + (4,5)^2} = 7,5 \text{ m}$$

$$\text{Tg } \theta = \frac{4,5}{6}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{4,5}{6} = 36,87^\circ$$

• Tegangan tali (T) = 150 kN

$$T_x = T \sin 36,87^\circ = 150 \sin 36,87^\circ = 90 \text{ kN}$$

$$T_y = T \cos 36,87^\circ = 150 \cos 36,87^\circ = 120 \text{ kN}$$

• $\Sigma F_x = 0$

$$R_{HE} - T_x = 0$$

$$R_{HE} = T_x = 90 \text{ kN (} \leftarrow \text{)}$$

• $\Sigma F_y = 0$

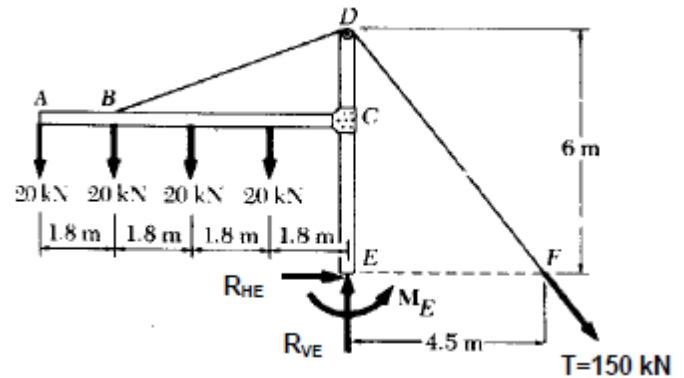
$$R_{VE} - T_y - 20 - 20 - 20 - 20 = 0$$

$$R_{VE} = 200 \text{ kN (} \uparrow \text{)}$$

• $\Sigma M_E = 0$

$$M_E + 20(7,5) + 20(5,4) + 20(3,6) + 20(1,8) - T_y(4,5) = 0$$

$$M_E = 174 \text{ kN.m, Berlawanan arah jarum jam (BJJ)}$$



Kasus 4

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terpusat F₁, F₂, dan F₃ vertikal ke bawah. Cari reaksi di tumpuan A dan B.

Penyelesaian:

• $\Sigma M_A = 0$

$$R_{VB}(40) - 16(32) - 15(20) - 20(10) = 0$$

$$R_{VB} = 25,3 \text{ kN (} \uparrow \text{)}$$

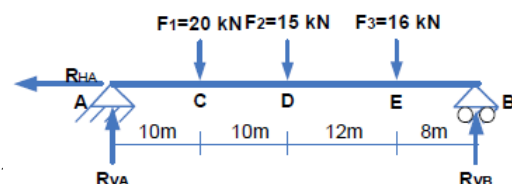
• $\Sigma M_B = 0$

$$R_{VA}(40) - 20(30) - 15(20) - 16(8) = 0$$

$$R_{VA} = 25,7 \text{ kN (} \uparrow \text{)}$$

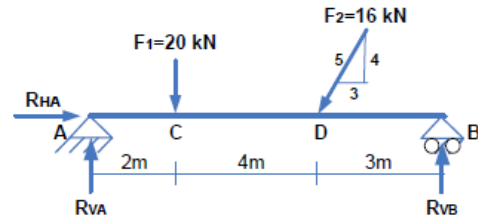
• $\Sigma F_H = 0$

$$R_{HA} = 0 \text{ (karena tidak ada beban horizontal)}$$



**Kasus 5**

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terpusat F_1 , dan F_2 vertikal ke bawah yang posisinya miring dengan perbandingan 3,4,5. Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Penyelesaian:

- Gaya F_2 posisi miring, sehingga harus dicari gaya sumbu x dan y.

$$F_x = \frac{3}{5} \cdot F_2 = \frac{3}{5} \cdot (20) = 12 \text{ kN}$$

$$F_y = \frac{4}{5} \cdot F_2 = \frac{4}{5} \cdot (20) = 16 \text{ kN}$$

- $\Sigma M_A = 0$

$$R_{vB} (9) - F_y (6) - 20 (2) = 0$$

$$R_{vB} (9) - 16 (6) - 20 (2) = 0$$

$$R_{vB} = 15,1 \text{ kN } (\uparrow)$$

- $\Sigma M_B = 0$

$$R_{vA} (9) - F_y (3) - 20 (7) = 0$$

$$R_{vA} (9) - 16 (3) - 20 (7) = 0$$

$$R_{vA} = 20,9 \text{ kN } (\uparrow)$$

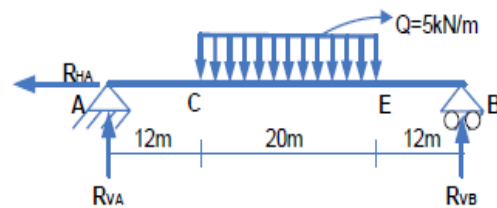
- $\Sigma F_{HA} = 0$

$$F_x - R_{HA} = 0$$

$$R_{HA} = F_x = 12 \text{ kN } (\rightarrow)$$

Kasus 6

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terdistribusi vertikal ke bawah sebesar $Q = 5 \text{ kN/m}$. Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Penyelesaian:

- Beban terdistribusi dapat diwakili satu beban titik yang merupakan resultan dari beban terdistribusi tersebut dan posisinya berada di tengah-tengah panjang beban.
- Beban total dari beban terdistribusi diperoleh dari perkalian beban dengan panjang balok yang terkena beban.

$$F_{\text{total}} = Q \times L = 5 \text{ kN} \times 20 = 100 \text{ kN}$$

- $\Sigma M_A = 0$

$$R_{vB} (44) - Q \cdot (20) (22) = 0$$



$$R_{VB} (44) - 5 (20) (22) = 0$$

$$R_{VB} = 50 \text{ kN } (\uparrow)$$

• $\Sigma M_A = 0$

$$R_{VA} (44) - Q \cdot (20) (22) = 0$$

$$R_{VA} (44) - 5 (20) (22) = 0$$

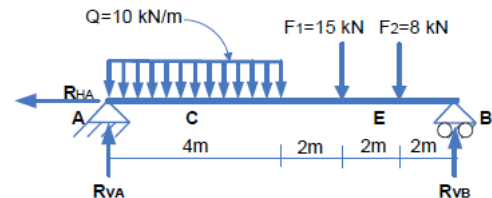
$$R_{VA} = 50 \text{ kN } (\uparrow)$$

• $\Sigma F_{HA} = 0$

$R_{HA} = 0$ (karena tidak ada beban horizontal).

Kasus 7

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terpusat F_1 , dan F_2 serta beban terdistribusi merata $Q=10 \text{ kN/m}$ vertikal ke bawah. Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Penyelesaian:

$$F_{\text{total}} = Q \times L = 10 \text{ kN} \times 4 = 40 \text{ kN}$$

• $\Sigma M_A = 0$

$$R_{VB} (10) - F_2(8) - F_1 (6) - Q (4) (2) = 0$$

$$R_{VB} (10) - 8 (8) - 15 (6) - 10 (4) (2) = 0$$

$$R_{VB} = 23,4 \text{ kN } (\uparrow)$$

• $\Sigma M_B = 0$

$$R_{VA} (10) - Q(4)(8) - F_1 (4) - F_2 (2) = 0$$

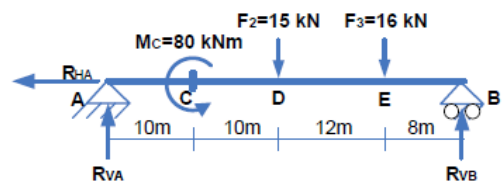
$$R_{VA} (10) - 10 (4)(8) - 15 (4) - 8 (2) = 0$$

$$R_{VA} = 39,6 \text{ kN } (\uparrow)$$

• $R_{HA} = 0$ (karena tidak ada beban horizontal)

Kasus 8

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terpusat F_2 , dan F_3 serta beban momen $M_c=20 \text{ kNm}$ (Berlawanan Jarum Jam = BJJ). Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Penyelesaian:

• Momen merupakan hasil perkalian antara gaya dengan jarak tertentu dalam posisi saling tegak lurus.

• $\Sigma M_A = 0$

$$R_{VB} (40) - F_3 (32) - F_2 (20) + M_C = 0$$

$$R_{VB} (40) - 16 (32) - 15 (20) + 80 = 0$$

$$R_{VB} = 18,3 \text{ kN } (\uparrow)$$

• $\Sigma M_B = 0$

$$R_{VA} (40) - M_C - F_2 (20) - F_3 (8) = 0$$



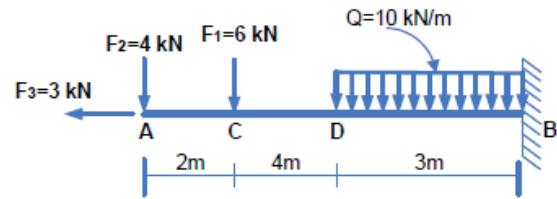
$$R_{VA} (40) - 80 - 15 (20) - 16 (8) = 0$$

$$R_{VA} = 12,7 \text{ kN } (\uparrow)$$

- $\Sigma F_{HA} = 0$
 $R_{HA} = 0$ karena tidak ada beban horisontal.

Kasus 9

Konstruksi balok kantilever (balok dengan tumpuan jepit pada satu sisi), menerima beban terpusat F_1 , F_2 , dan F_3 serta beban terdistribusi $Q=10 \text{ kN/m}$. Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Penyelesaian:

- Beban total terdistribusi = $Q \times 3 = 10 \times 3 = 30 \text{ kN}$
- $\Sigma F_{VB} = 0$
 $R_{VB} - F_2 - F_1 - Q (3) = 0$
 $R_{VB} = 4 + 6 + 30$
 $R_{VB} = 40 \text{ kN } (\uparrow)$
- $\Sigma F_{HB} = 0$
 $R_{HA} - F_3 = 0$ karena tidak ada beban horisontal.
 $R_{HA} = 3 \text{ kN } (\rightarrow)$
- $\Sigma M_B = 0$
 $M_B - F_2 (9) - F_1 (7) - Q (3)(1,5) = 0$
 $M_B = 4 (9) - 6 (7) - 10 (3)(1,5)$
 $M_B = 123 \text{ kNm}$ (Searah Jarum Jam ke bawah)

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi Kesetimbangan Benda Tegar, Anda dapat melakukan kegiatan *eksperimen* dan *non eksperimen* baik secara individu maupun berkelompok yang petunjuknya disajikan dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan percobaan, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Lakukan percobaan dengan disiplin ikuti aturan bekerja di laboratorium. Selanjutnya perwakilan peserta mempresentasikan hasil percobaan, peserta lain menyimak presentasi dengan cermat dan serius sebagai penghargaan kepada pembicara. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.



Kegiatan 1: Menentukan titik berat atau pusat gravitasi benda



Langkah-langkah

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai Lembar kerja (LK-2.1) berikut ini.

Titik Berat

Tujuan

Menghitung titik berat dari suatu bangun benda

Alat dan bahan

- Benang/Tali
- Paku
- Alat penggantung
- Penggaris
- Pensil
- Paku
- Alat penggantung
- Penggaris
- Pensil
- Tiga buah persegi dengan setiap ukuran berbeda
- Tiga buah persegi panjang dengan setiap ukuran berbeda
- Tiga buah segitiga dengan setiap ukuran berbeda
- Kertas karton dengan warna berbeda

Langkah Percobaan

1. Ambil sebuah salah satu bahan untuk dilubangi di setiap ujungnya
2. Masukkan benang pada salah satu ujung kemudian ikatkan.
3. Gantungkan bahan yang telah diikat pada penggantung, kemudian tandai garis tengahnya dengan pensil
4. ukur garis yang telah terbentuk dengan penggaris.
5. Lakukan langkah tadi 1-4 pada ujung lainnya
6. Setelah terbentuk titik potong oleh garis-garis tersebut, ukurlah panjang dari alas ke titik potong. Itulah titik berat benda
7. Lakukan cara di atas pada bahan lainnya

Bahan :

	Alas	Tinggi	Titik berat
1			
2			
3			



Kegiatan 2: Menghitung Kesetimbangan Benda Tegar



Langkah-langkah

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai Lembar kerja (LK-2.2) berikut ini.

TORSI

Tujuan

Menghitung besar momen gaya (torsi) pada suatu kasus.

Alat dan Bahan

- Kertas milimeter block ukuran A3
- Katrol licin (2 buah)
- Tali
- Penggaris
- Beban (2 buah beban 50 gr dan 1 buah beban 55 gr)

Tujuan

Menghitung besar momen gaya (torsi) pada suatu kasus.

Alat dan Bahan

- Kertas milimeter block ukuran A3
- Katrol licin (2 buah)
- Tali
- Penggaris
- Beban (2 buah beban 50 gr dan 1 buah beban 55 gr)

Teori

Momen Gaya disebut juga Torsi atau τ adalah kemampuan gaya F untuk memutar benda pada poros sejauh R . Rumus Torsi adalah $\tau = F \times R$. Penggaris (batang homogen) bermassa 20 gr dan mempunyai panjang 30 cm digantung dengan dua buah tali pada ujung kanan dan kirinya. Masing-masing tali dihubungkan pada sebuah katrol licin dan diberi beban sebesar 50 gr. Pada sisi kanan penggaris sejauh 10 cm dari ujungnya dililitkan sebuah tali yang diberi beban sebesar 55 gr. Penggaris itu mempunyai gaya berat W . Gaya-gaya yang bekerja pada penggaris tersebut akan mempunyai Torsi = 0 saat berada dalam posisi setimbang. Keadaan ini dilukis pada kertas millimeter blok dengan skala 0.1 N = 1 cm.

Tugas

Gambarkan desain percobaan berdasarkan teori di atas (Gambar 1)

Uraikan vektor T_1 dan T_2 ke sumbu x dan sumbu y sesuai gambar 1. (Gambar 2)



Analisis Data

Berdasarkan gambar 2:

Tabel 1

No.	$\sum F_x$	$\sum F_y$
F 1.		
F 2.		
F 3.		
F 4.		

Anggap A sebagai poros diam, maka

Tabel 2

No.	F	R	$\tau = F \times R$
F 1.			
F 2.			
F 3.			
F 4.			
F 5.			
F 6.			
Σ			

Kesimpulan

- Berdasarkan data dari Tabel 1, nilai $\sum F_x = \dots\dots N$
- Berdasarkan data dari Tabel 1, nilai $\sum F_y = \dots\dots N$
- Berdasarkan data dari Tabel 2, nilai $\sum \tau = \dots\dots N$
- Pada saat keadaan benda setimbang (diam), gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut mempunyai resultan Gaya-gaya tersebut akan saling meniadakan. Inilah teori kesetimbangan.

**Kegiatan 3: Menguraikan syarat kesetimbangan benda tegar****Langkah-langkah**

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai Lembar kerja (LK-2.3) berikut ini.

Syarat Kesetimbangan

MASALAH

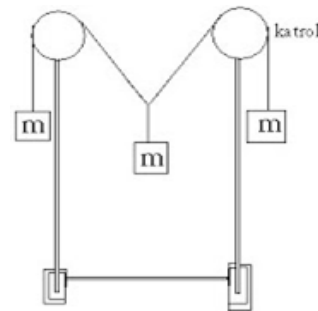
Jika benda mengalami setimbang translasi dan setimbang rotasi, apakah benda tersebut mengalami kesetimbangan?

HIPOTESIS

Rumuskan suatu hipotesis untuk menjawab permasalahan di atas dan dapat diuji menggunakan seperangkat alat percobaan kesetimbangan benda tegar.

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Rangkai alat dan bahan seperti Gambar LK-2.3
2. Pasang beban 50 gram pada sisi kanan dan kiri tali
3. Hubungkan tali terhadap katrol licin
4. Gantungkan beban seberat 50 gram di tengah tali
5. Gambarkan diagram sistem
6. Catat gaya-gaya yang bekerja pada tabel data hasil percobaan



Gambar LK-2.3. Susunan percobaan syarat kesetimbangan

GAMBAR DIAGRAM SISTEM

Tabel data hasil percobaan

No.	$\sum F_x$	$\sum F_y$
F 1.		
F 2.		
F 3.		
F 4.		
Σ		



2. Selanjutnya, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai Lembar kerja (LK-2.4) berikut ini.

Kesetimbangan

Tujuan

Menyelidiki penjumlahan gaya pada sistem kesetimbangan

Alat dan bahan

- Meja praktik, atau meja gaya
- Puli berpenjepit (*pulley on clamps*), 3 buah
- Kertas HVS atau kertas grafik mm
- Tali benang (*cord on reel*)
- Beban 50g (load 50 g), 16 buah
- Busur derajat plastik
- Neraca pegas (Spring 3 N), 3 buah
- Ring plat atau kancing baju

Metode percobaan

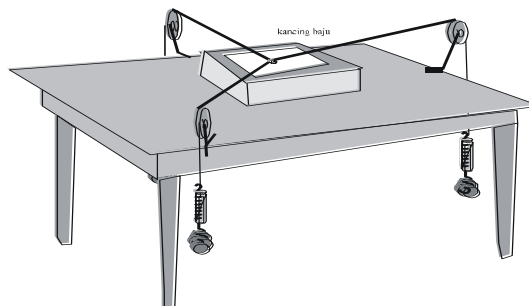
Salah satu sarat benda dalam keadaan kesetimbangan, jika jumlah gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol. Dalam bentuk persamaan umum dan dalam koordinat kartesian adalah sebagai berikut;

Dalam bentuk umum $\sum F = 0$,

Dalam koordinat kartesius $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$

Pengamatan dan data percobaan

Susun semua peralatan sesuai Gambar LK-2.4a. Mula-mula tetapkan beban w_1 dan w_2 masing-masing $w_1 = 100$ g dan $w_2 = 150$ g. kemudian pasang beban w_3 hingga kedudukan kancing setimbang berada di tengah-tengah kertas yang telah disediakan di bawah rentangan tali.

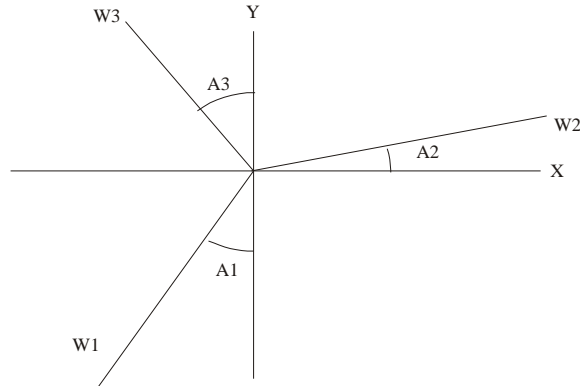


Gambar LK-2.4a. Susunan percobaan penjumlahan gaya

Gambar kedudukan benang pada kertas dengan menggunakan mistar mengikuti bentangan ketiga tali. Sesudah itu, pada kertas yang telah digarisi, tarik garis horizontal dan vertikal maksudnya membuat garis sumbu koordinat pada kertas yang telah digambar tadi melalui titik pusat.



Ukur masing-masing sudut dari ketiga bentangan tali terhadap salah satu sumbu, misal sudut-sudut tersebut A1, A2, dan A3, lihat Gambar LK-2.4b. Hitung masing-masing gaya dari sistem kesetimbangan ini dan masukkan dalam Tabel-1. Ingat daerah sumbu-x positif sebelah kanan sumbu dan daerah negatif sebelah kiri sumbu-x, demikian juga untuk sumbu-y.



Gambar LK-2.4b. Ilustrasi grafis data pengamatan dari model penjumlahan gaya pada Gambar LK-2.4a .

Tabel-1: Hasil data pengamatan penjumlahan gaya yang terjadi pada objek kancing.

Beban	F_x	F_y
w1	....	....
w2	....	....
w3	....	....
	$\Sigma F_x = \dots$	$\Sigma F_y = \dots$

Pertanyaan

- 1) Perhatikan pada Tabel-1. Apakah hasil angka hasil perhitungan untuk ΣF_x sama besar dengan hasil yang diperoleh ΣF_y . Jika jauh berbeda apa pendapatmu, dan jika sama besar, apa pula pendapatmu?
- 2) Berapa besar tegangan pada masing-masing tali?
- 3) Adakah pengaruh gaya gesek puli terhadap tegangan tali?
- 4) Bagaimanakah cara menghitung gaya gesek statis yang ditimbulkan oleh puli untuk sistem kesetimbangan di atas?

Bahan diskusi

Sebatang pohon dapat tetap tegak ditempatnya meskipun terdapat berbagai cabang dan ranting ke segala arah. Apakah pohon tersebut dalam keadaan tegak kesetimbangan stabil?

Setelah tuntas mengerjakan semua lembar kerja, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal kesetimbangan berikut ini!



Soal 2.1:

Sebuah benda bermassa 10 kg digantungkan pada seutas tali. Tentukan tegangan tali ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Langkah Penyelesaian:

Langkah 1: menggambar diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Langkah 2:

Perhatikan diagram gaya di atas:

Pada benda hanya bekerja gaya (w) dan gaya tali (T) pada arah vertikal. Sesuai dengan kesepakatan bersama, gaya bernilai jika arahnya menuju sumbu y positif, sedangkan gaya bernilai negatif jika arahnya menuju sumbu y negatif.

Syarat sebuah benda berada dalam keadaan seimbang (untuk arah vertikal/sumbu):

$$\sum F_y = 0$$

..... - $w = \dots\dots\dots$

..... - $mg = \dots\dots\dots$

..... = mg

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

..... = kgm/s^2

Gaya tegangan tali = 100 N.

Soal 2.2:

Dua benda, sebut saja benda A (10 kg) dan benda B (20 kg), diletakkan di atas papan kayu. Panjang papan tersebut 10 meter. Jika benda B diletakkan 2 meter dari titik tumpu, pada jarak berapakah dari titik tumpu benda A harus diletakkan, sehingga papan berada dalam keadaan seimbang? ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

Langkah Penyelesaian:

Langkah 1: menggambar diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data



Langkah 2:

Perhatikan diagram di atas. Gaya yang bekerja pada papan adalah gaya benda B (F_B), gaya benda A (F_A), gaya papan (w papan) dan gaya (N). Titik hitam (sebelah atasnya w papan), merupakan titik tumpu. Titik berperan sebagai sumbu rotasi.

Gaya berat papan (w papan) dan gaya normal (N) dengan titik tumpu / sumbu rotasi sehingga lengan gaya-nya w papan dan N tidak dimasukkan dalam perhitungan

Torsi 1 = Torsi yang dihasilkan oleh gaya benda B (torsi bernilai positif)

$$\begin{aligned} \tau_1 &= F_B \cdot l_B \\ &= \dots \times 10 \text{ m/s}^2 \times \dots \\ &= \dots \text{ kgm}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

Torsi 2 = Torsi yang dihasilkan oleh gaya benda A (torsi bernilai)

$$\begin{aligned} -\tau_2 &= F_A \cdot l_A \\ \tau_2 &= \dots (\dots \times 10 \text{ m/s}^2 \times l_A) \\ &= \dots (\dots \text{ kgm}^2 / \text{s}^2) \end{aligned}$$

Papan berada dalam keadaan jika torsi total = 0.

$$\begin{aligned} \sum \tau &= \dots \\ \dots - \dots &= 0 \\ (\dots \text{ kgm}^2 / \text{s}^2) - (\dots \times 10 \text{ m/s}^2 \times l_A) &= 0 \\ \dots \text{ kgm}^2 / \text{s}^2 &= (\dots \times 10 \text{ m/s}^2 \times l_A) \\ l_A &= \dots \end{aligned}$$

Agar papan berada dalam keadaan seimbang, benda ... harus diletakkan 4 meter dari titik

Soal 2.3:

Sebuah kotak bermassa 100 kg diletakkan di atas sebuah balok kayu yang disangga oleh 2 penopang. Massa balok 20 kg dan panjang balok 20 meter. Jika kotak diletakkan 5 meter dari penopang kiri, tentukan gaya yang bekerja pada setiap penopang tersebut!

Langkah Penyelesaian:

Langkah 1: menggambar diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data



Keterangan diagram :

F_1 : gaya yang diberikan penopang (sebelah kiri) pada balok

F_2 : gaya yang diberikan penopang (sebelah kanan) pada balok

w_{kotak} : gaya berat kotak

w_{balok} : gaya berat balok (bekerja pada titik beratnya. Titik berat balok berada di tengah-tengah).

Catatan : Perhatikan gambar yang telah dibuat pada langkah 1. Pada **alas kotak** juga bekerja gaya (N) yang arahnya ke atas. gaya normal ini berperan sebagai gaya Karena ada gaya aksi, maka timbul gaya yang bekerja pada balok kayu. Kedua gaya ini memiliki besar yang tapi berlawanan (kedua gaya saling melenyapkan).

Langkah 2:

Pada persoalan di atas terdapat 2 titik, yakni titik tumpu yang berada disekitar titik kerja F_1 dan titik tumpu yang berada di sekitar titik kerja F_2 . Anda bisa memilih salah satu titik tumpu sebagai sumbu rotasi. Anda dipersilahkan, mau pilih titik tumpu di bagian kiri (sekitar titik kerja F_1) atau bagian kanan (sekitar titik kerja F_2). Hasilnya saja.

Misalnya Anda pilih titik tumpu di sekitar titik kerja F_2 (bagian kanan) sebagai sumbu rotasi. Karena F_2 berada di sumbu rotasi, maka lengan gaya untuk $F_2 = 0$ (F_2 tidak menghasilkan torsi).

Torsi 1:

Torsi yang dihasilkan oleh F_1 . Arah F_1 ke atas sehingga arah rotasi dengan putaran jarum jam. Karenanya torsi bernilai negatif

$$- \tau_1 = F_1 \times 20m$$

Torsi 2:

Torsi yang dihasilkan oleh gaya kotak (w_{kotak}). Arah w_{kotak} ke bawah sehingga arah rotasi dengan arah putaran jarum jam. Karenanya torsi bernilai positif.

$$\begin{aligned} \tau_2 &= w_{kotak} \timesm \\ &= m_{kotak} \times 10 \text{ m/s}^2 \timesm \\ &= \times 10 \text{ m/s}^2 \timesm \\ &= 15000 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Torsi 3:

Torsi yang dihasilkan oleh gaya balok (w_{balok}). Arah w_{balok} ke bawah sehingga arah rotasi dengan arah putaran jarum jam. Karenanya torsi bernilai positif.

$$\begin{aligned} \tau_3 &= w_{balok} \timesm \\ &= m_{balok} \times 10 \text{ m/s}^2 \timesm \\ &= \times 10 \text{ m/s}^2 \timesm \\ &= 2000 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Torsi Total:

Benda berada dalam keadaan seimbang, jika torsi total = (syarat 2 keseimbangan benda tegar).

$$\sum \tau = 0$$

$$..._2 + ..._3 - ..._1 = 0$$



$$15000 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 + 2000 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 + (F_1 \times 20\text{m}) = 0$$

$$F_1 = \dots\dots\dots$$

Besarnya gaya yang bekerja pada penopang sebelah kiri = $850 \text{ kg m/s}^2 = 850 \text{ N}$.

Sekarang Anda hitung gaya yang bekerja pada penopang kanan. Benda berada dalam keseimbangan, jika gaya total = 0 (syarat 1 keseimbangan benda – benda dianggap partikel). Perlu kita sepakati bahwa gaya yang berarah ke atas bernilai positif sedangkan gaya yang arahnya ke bawah bernilai negatif. Karena gaya-gaya di atas hanya bekerja pada arah (sumbu y), maka Anda modifikasi persamaan menjadi:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_1 - W_{kotak} - W_{balok} + F_2 = 0$$

$$F_1 - (100 \text{ kg})(10\text{m/s}^2) + (20\text{kg})(10\text{m/s}^2) + (F_2) = 0$$

$$\dots\dots\dots \text{kgm/ s}^2 + (F_2) = 0$$

$$F_2 = \dots\dots\dots \text{kgm/ s}^2$$

Ternyata besarnya yang bekerja pada penopang sebelah kanan = $350 \text{ kg m/s}^2 = 350 \text{ N}$.

Soal 2.4:

Sebuah papan iklan yang massanya 50 kg digantung pada ujung sebuah batang besi (4 meter dari penopang) yang panjangnya 5 meter dan massanya 10 kg. Sebuah tali dikaitkan antara ujung batang besi dan ujung penopang. Tali membentuk sudut 30° terhadap batang besi. Tentukan gaya tegangan tali dan gaya yang dikerjakan oleh penopang pada batang besi!

Langkah Penyelesaian:

Langkah 1: menggambar diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Keterangan diagram:

- Fx : yang dikerjakan oleh penopang pada batang besi (komponen sumbu x)
- Fy : yang dikerjakan oleh penopang pada batang besi (komponen sumbu y)
- w batang besi : gaya batang besi (terletak di tengah-tengah si batang besi)
- w papan iklan : gaya papan iklan
- Tx : gaya tali (komponen horisontal atau sumbu x)
- Ty : gaya tali (komponen vertikal atau sumbu y)

Langkah 2:

Gaya Fx dan Fy tidak diketahui. Oleh karena itu, alangkah baiknya kita pilih titik A sebagai sumbu rotasi. karena berhimpit dengan sumbu rotasi maka lengan gaya untuk Fx dan Fy = 0 (tidak ada torsi yang dihasilkan).





Torsi 1:

Torsi yang dihasilkan oleh gaya berat batang besi. Arah w batang besi ke, sehingga arah rotasi dengan putaran jarum jam (*Torsi bernilai negatif*). Massa batang besi adalah 10 kg dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Titik kerja gaya berada pada jarak meter dari sumbu rotasi. Arah/garis kerja gaya berat dari sumbu rotasi (90°)

$$\begin{aligned}
 l_1 &= r \sin \theta \\
 &= \dots \sin \dots \\
 &= \dots \\
 -\tau_1 &= w_{\text{batang besi}} \times \dots m \\
 &= m_{\text{batang besi}} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \dots m \\
 &= \dots \times 10 \text{ m/s}^2 \times \dots m \\
 &= 250 \text{ kgm}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

Torsi 2:

Torsi yang dihasilkan oleh gaya berat papan iklan. Arah w papan iklan ke sehingga arah rotasi searah dengan arah putaran jarum jam. Karenanya torsi bernilai Massa papan iklan = 50 kg dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Titik kerja gaya berada pada jarak 4 meter dari sumbu Arah/garis kerja gaya berat tegak lurus dari sumbu rotasi (90°).

$$\begin{aligned}
 l_2 &= r \sin \theta \\
 &= \dots \sin \dots \\
 &= \dots \\
 -\tau_2 &= w_{\text{papan iklan}} \times \dots m \\
 &= m_{\text{papan iklan}} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \dots m \\
 &= \dots \times 10 \text{ m/s}^2 \times \dots m \\
 &= 2000 \text{ kgm}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

Torsi 3:

Torsi yang dihasilkan oleh gaya tegangan tali untuk komponen horisontal / sumbu x (T_x). Titik kerja gaya tegangan tali berada pada jarak 5 meter dari sumbu Perhatikan arah T_x pada diagram di atas. Arah T_x sumbu rotasi (0°)

$$\begin{aligned}
 l_3 &= r \sin \theta \\
 l_3 &= \dots \sin \dots \\
 l_3 &= \dots \\
 \tau_3 &= T_x l_3 \\
 \tau_3 &= \dots \times \dots \\
 \tau_3 &= \dots
 \end{aligned}$$

Torsi 4:

Torsi yang dihasilkan oleh gaya tegangan tali untuk komponen vertikal / sumbu y (T_y). Perhatikan arah T_y pada diagram di atas. Arah T_y sumbu rotasi (90°). Titik



kerja gaya tegangan tali berada pada jarak 5 meter dari sumbu rotasi. Karena arah gaya ke atas, maka arah rotasi dengan arah putaran jarum jam (Torsi bernilai positif).

$$l_4 = r \sin \theta$$

$$= \dots \sin \dots$$

$$= \dots$$

$$\tau_4 = T_y l_4$$

$$= \dots \times \dots$$

$$= \dots$$

Torsi Total:

Benda berada dalam keadaan seimbang, jika torsi total = (syarat 2 keseimbangan benda tegar).

$$\sum \tau = 0$$

$$\dots_4 + \dots_3 - \dots_2 - \dots_1 = 0$$

$$\dots + \dots - \dots - \dots = 0$$

$$T_y = \dots$$

Gaya tegangan tali untuk komponen y = 450 kg m/s² = 450 N.

Anda dapat langsung menentukan gaya tegangan tali untuk komponen x (Tx). Perhatikan lagi diagram di atas. Tali membentuk sudut 30° terhadap batang besi. Karenanya besar tegangan tali untuk sumbu x (Tx) dan sumbu y (Ty) bisa ditentukan dengan rumus sinus dan kosinus.

$$T_y = T \dots$$

$$\dots = T \sin 30$$

$$T = \dots$$

Nilai tegangan tali (T) sudah diperoleh. Sekarang kita hitung Tx.

$$T_x = T \cos \theta$$

$$= \dots \times \cos \dots$$

$$= \dots \times \dots$$

$$= \dots$$

Gaya tegangan tali untuk komponen x (Tx) = 783 kg m/s² = 783 N.

Berapa Gaya yang diberikan penopang pada batang besi? Sekarang kita hitung gaya yang bekerja pada penopang. Benda berada dalam keseimbangan, jika gaya total bernilai nol (syarat 1 keseimbangan benda).

Catatan: Dengan berpedoman pada koordinat kartesius (x,y,z), gaya yang berarah ke atas dan ke kanan bernilai positif sedangkan gaya yang arahnya ke kiri dan ke bawah bernilai negatif.

Anda tinjau gaya-gaya yang bekerja pada arah horisontal (sumbu x) terlebih dahulu:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_x - \dots = 0$$

$$F_x - 783 \text{ kg m/s}^2 = 0$$

$$F_x = \dots \text{ kgm/ s}^2$$



Sekarang kita tinjau gaya-gaya yang bekerja pada arah vertikal (sumbu y):

$$\sum F_y = 0$$

$$F_y + \dots - \dots - \dots = 0$$

$$F_y + \dots - \dots - \dots = 0$$

$$F_y = \dots \text{ kg.m/s}^2$$

Soal 2.5:

Sebuah benda digantungkan pada kedua tali. Jika massa benda = 10 kg, tentukan gaya tegangan kedua tali yang menahan benda tersebut! ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Langkah Penyelesaian:

Langkah 1: menggambar diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Keterangan gambar:

- w : gaya berat benda : $mg : (10 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2) = 100 \text{ kg m/s}^2$
- T_1 : gaya tegangan tali (1)
- T_{1x} : gaya tegangan tali (1) pada sumbu x : $T_1 \cos 45^\circ = 0,7 T_1$
- T_{1y} : gaya tegangan tali (1) pada sumbu y : $T_1 \sin 45^\circ = 0,7 T_1$
- T_2 : gaya tegangan tali (2)
- T_{2x} : gaya tegangan tali (2) pada sumbu x : $T_2 \cos 45^\circ = 0,7 T_2$
- T_{2y} : gaya tegangan tali (2) pada sumbu y : $T_2 \sin 45^\circ = 0,7 T_2$

Langkah 2:

Sebuah benda berada dalam keadaan seimbang, jika gaya total yang bekerja pada benda =(syarat 1). Terlebih dahulu kita tinjau komponen gaya yang bekerja pada arah vertikal (sumbu y) adalah $\sum F_y = 0$, maka:

$$T_{1y} + T_{2y} - w = 0$$

$$\dots + \dots - \dots = 0$$

$$\dots + \dots = \dots \text{ (persamaan 1)}$$

Sekarang kita tinjau komponen gaya yang bekerja pada arah horisontal (sumbu x):

$$\sum F_x = 0$$

$$T_{2x} - T_{1x} = 0$$

$$\dots - \dots = 0$$

$$\dots = \dots \text{ (persamaan 2)}$$

masukkan ke persamaan 1

$$\dots + \dots = \dots$$

$$\dots = \dots \text{ kg m/s}^2$$

Karena $T_1 = T_2$, maka $T_2 = 71,4 \text{ kg m/s}^2$



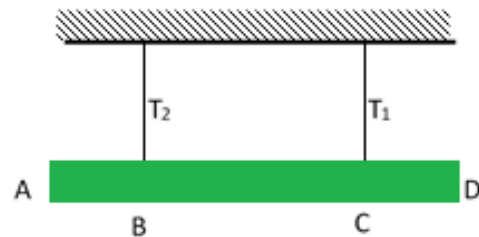
E. Latihan/Kasus/Tugas

a. Latihan Soal

Setelah mempelajari materi kesetimbangan benda tegar, silahkan Anda mencoba mengerjakan latihan soal secara mandiri selanjutnya diskusikan dalam kelompok. Kumpulkan hasil kerja tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan.

1. Sebuah balok homogen mempunyai panjang 4m dan berat 100N digantung pada sebuah atap seperti pada gambar di samping. Jika panjang $AB=0,5\text{m}$, $BC=2\text{m}$ dan $CD=1,5\text{m}$. Perbandingan antara tegangan tali T_1 dan T_2 adalah

- A. 1 : 3
- B. 1 : 2
- C. 2
- D. 3
- E. 4



2. Pada batang (panjang L) homogen seberat 200N digantungkan beban 440N (lihat gambar di samping). Besar gaya yang dilakukan oleh kedua penopang batang adalah

- A. $F_A = 210\text{ N}$; $F_B = 330\text{ N}$
- B. $F_A = 430\text{ N}$; $F_B = 210\text{ N}$
- C. $F_A = 200\text{ N}$; $F_B = 440\text{ N}$
- D. $F_A = 210\text{ N}$; $F_B = 430\text{ N}$
- E. $F_A = 440\text{ N}$; $F_B = 200\text{ N}$



3. Sebuah truk mengalami mogok mesin ketika baru melintas 10 meter di atas jembatan. Panjang Jembatan tersebut adalah 30 m dan massa mobil 1,5 ton dengan percepatan gravitasi di tempat tersebut adalah $g=10\text{ m/s}^2$. Jika massa jembatan diabaikan, maka besar gaya normal pada penopang jembatan (titik A dan B) adalah

- A. $N_A = 8000\text{ N}$, $N_B = 2000\text{ N}$
- B. $N_A = 6000\text{ N}$, $N_B = 4000\text{ N}$
- C. $N_A = 4000\text{ N}$, $N_B = 6000\text{ N}$
- D. $N_A = 5000\text{ N}$, $N_B = 10000\text{ N}$
- E. $N_A = N_B = 15000\text{ N}$

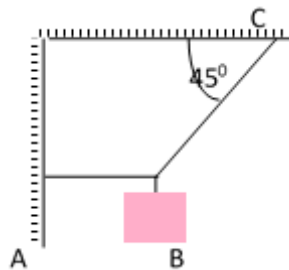




4. Sumbu kedua roda muka dan sumbu kedua roda belakang sebuah truk yang bermassa 1500 kg, berjarak 2 meter. Pusat massa truk terletak 1.5 meter di belakang roda muka. Jika besar percepatan gravitasi bumi di tempat tersebut adalah 10 m/s^2 . Beban yang dipikul oleh kedua roda muka truk itu adalah
- 1250 newton
 - 2500 newton
 - 3750 newton
 - 5000 newton
 - 6250 newton

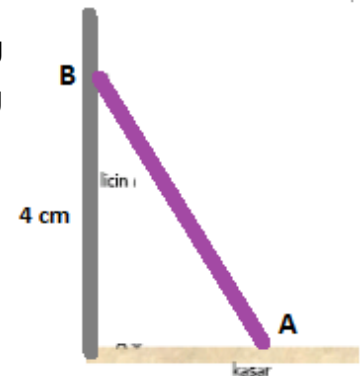
5. Bila massa beban 6 kg, maka tegangan tali AB dan BC masing-masing adalah...

- $60\sqrt{2} \text{ N}$ dan 60 N
- 60 N dan $60\sqrt{2} \text{ N}$
- $70\sqrt{2} \text{ N}$ dan 70 N
- 70 N dan $70\sqrt{2} \text{ N}$
- 80 N dan 90 N



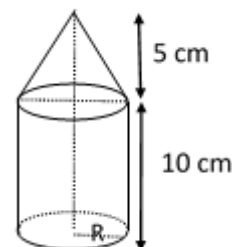
6. Batang homogen (5 m) bersandar pada dinding licin. Bila batang tepat akan bergerak, maka koefisien gesek statis ujung batang terhadap lantai kasar adalah...

- $1/3$
- $2/3$
- $4/8$
- $3/7$
- $3/8$



7. Sebuah tugu tersusun dari silinder pejal dan kerucut pejal. Bila $R=6 \text{ cm}$, maka jarak titik berat tugu terhadap alasnya adalah

- 1,125 cm
- 2,750 cm
- 3,575 cm
- 4,125 cm
- 5,890 cm



8. Sebuah sistem pot tanaman dengan massa total 1 kg digantung pada batang homogen berengsel (A) dan bermassa 1,5 kg di sebuah tembok dalam keadaan setimbang seperti pada gambar di samping. Batang penopang tersebut memiliki panjang 4 m, tergantung



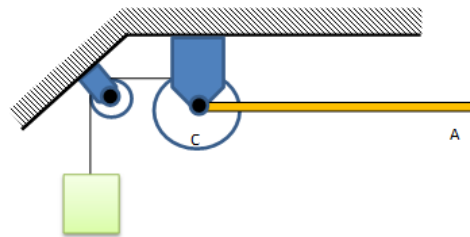
pada sebuah tali dengan panjang 5 m. Jika percepatan gravitasi di tempat tersebut 10 m/s^2 , besar tegangan tali (T) dan besar komponen gaya berat yang bekerja pada batang penopang adalah



- A. $T = 33,33 \text{ N}$, $F_x = 5 \text{ N}$, dan $F_y = 26,6 \text{ N}$
- B. $T = 33,33 \text{ N}$, $F_x = 26,6 \text{ N}$, dan $F_y = 5 \text{ N}$
- C. $T = 34,33 \text{ N}$, $F_x = 26,6 \text{ N}$, dan $F_y = 5 \text{ N}$
- D. $T = 34,33 \text{ N}$, $F_x = 5 \text{ N}$, dan $F_y = 26,6 \text{ N}$
- E. $T = 43,33 \text{ N}$, $F_x = 5 \text{ N}$, dan $F_y = 26,6 \text{ N}$

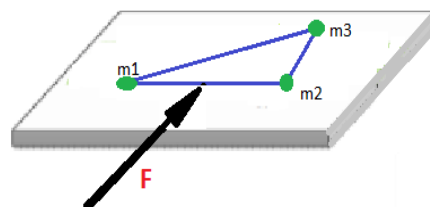
9. Sebuah balok bermassa 1,6 kg digantung pada roda-roda dan ditahan oleh sebuah engkol agar tetap dalam keadaan setimbang seperti pada gambar berikut.

Panjang tongkat engkol yang digunakan adalah 1 meter dan panjang jari-jari roda C 15 cm. Jika di ujung engkol (A) digantungkan beban 1 N, kedudukan setimbang berikutnya dan berat engkol yang digunakan adalah



- A. $56,97^\circ$ dari arah horizontal sumbu roda C ke bawah dengan berat engkol 2,4 N
- B. $65,56^\circ$ dari arah horizontal sumbu roda C ke bawah dengan berat engkol 2,4 N
- C. $76,59^\circ$ dari arah horizontal sumbu roda C ke bawah dengan berat engkol 4,2 N
- D. $97,65^\circ$ dari arah horizontal sumbu roda C ke atas dengan berat engkol 2,4 N
- E. $95,67^\circ$ dari arah horizontal sumbu roda C ke atas dengan berat engkol 4,2 N

10. Suatu rangka segitiga siku-siku yang sangat ringan tetapi kuat diletakan di atas sebuah meja. Di titik sudutnya ada massa m_1 , m_2 , dan m_3 masing-masing 100 gram, 100 gram dan 300 gram. Jarak m_1m_2 , dan m_2m_3 masing-masing 40 cm dan 30 cm. Gaya mengenai tegak lurus pada kerangka m_1m_2 dengan jarak x dari m_1 . Gaya F sebidang dengan bidang kerangka. Agar titik bergerak translasi murni (tanpa rotasi) besar x adalah



- A. 20 cm
- B. 30 cm
- C. 32 cm
- D. 38 cm
- E. 40 cm



b. Tugas Pengembangan Soal

Pada tugas pengembangan soal ini Anda diminta untuk membuat soal UN/USBN berdasarkan kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Soal yang dikembangkan disesuaikan dengan kurikulum yang digunakan oleh sekolah Anda (Kurikulum 2006 atau Kurikulum 2013) dengan materi sesuai dengan materi yang dibahas pada Kegiatan Pembelajaran 2 ini.

Prosedur Kerja

1. Pelajari kembali bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Instrumen Penilaian di Modul G Kelompok Kompetensi Pedagogik.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti pada Lampiran 2 dan 3
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format berikut pada Lampiran 4. (Sesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah anda).
4. Berdasarkan kisi-kisi di atas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
5. Kembangkan soal-soal level Higher Order of Thinking skill's HOTS
6. Bentuk soal yang dikembangkan berupa Pilihan Ganda (PG) dan essay, masing-masing 3 soal
7. Masing-masing soal dibuat dalam kartu soal seperti pada Lampiran 5 dan 6
8. Sebagai acuan pengembangan soal yang baik Anda dapat menelaah soal tersebut secara mandiri atau dengan teman sejawat dengan menggunakan instrumen telaah soal seperti terlampir pada Lampiran 7 dan 8.

F. Rangkuman

1. Benda tegar adalah benda yang tidak mengalami perubahan bentuk karena pengaruh gaya luar. Kesetimbangan benda tegar secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu kesetimbangan dinamis dan statis. Kesetimbangan dinamis diperoleh bila benda bergerak dengan kecepatan tetap, sedangkan kesetimbangan statis diperoleh bila benda dalam keadaan diam.
2. Sebuah benda tegar dikatakan dalam kesetimbangan jika gaya-gaya yang bereaksi pada benda tersebut membentuk gaya atau sistem gaya ekuivalen dengan nol dengan syarat perlu dan cukup untuk keseimbangan suatu benda tegar secara analitis adalah:
 - a. jumlah gaya arah $x = 0$ ($\Sigma F_x = 0$)
 - b. jumlah gaya arah $y = 0$ ($\Sigma F_y = 0$)



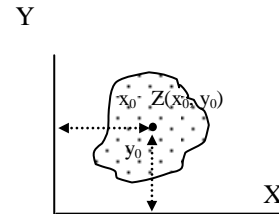
c. jumlah momen atau torsi adalah nol ($\Sigma M = \Sigma \tau = 0$)

3. Torsi (τ) atau disebut momen gaya merupakan besaran fisis yang menyebabkan benda berotasi.
4. Pada benda berotasi atau benda bergerak umum terdapat satu bagian (bisa Anda sebut sebagai partikel atau titik) yang bergerak seperti sebuah partikel tunggal dalam gerak translasi. Titik ini dikenal dengan julukan Pusat Massa.
5. Titik berat adalah titik tangkap resultan gaya berat dari tiap-tiap molekul penyusun benda.

$Z(X_0, Y_0) \rightarrow$ Koordinat titik berat benda.

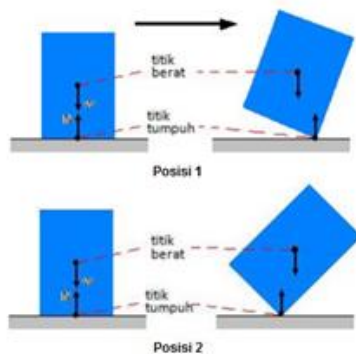
$$X_0 = \frac{\sum WX}{\sum W} = \frac{W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots}{W_1 + W_2 + \dots}$$

$$Y_0 = \frac{\sum WY}{\sum W} = \frac{W_1 Y_1 + W_2 Y_2 + \dots}{W_1 + W_2 + \dots}$$



6. Macam - Macam Kesetimbangan Berdasarkan Titik Berat, yaitu:

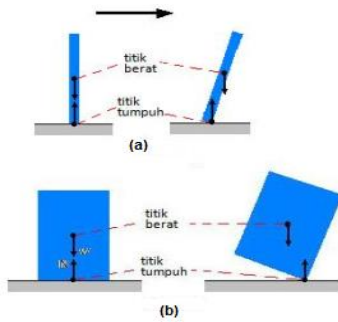
- a) *Pertama*, jika titik berat benda berada di bawah titik tumpu, maka benda selalu berada dalam *keseimbangan stabil* (benda masih bisa bergerak kembali ke posisi semula setelah bergerak). Contohnya adalah ketika sebuah benda digantung dengan tali. Untuk kasus seperti ini, titik berat benda selalu berada di bawah titik tumpu (titik tumpu berada di antara tali dan tiang penyangga).
- b) *Kedua*, jika titik berat benda berada di atas titik tumpu, *kesetimbangan relatif*. Benda bisa berada dalam kesetimbangan stabil dan benda juga bisa berada dalam keseimbangan labil/tidak stabil.



Keseimbangan labil dan stabil sebuah balok

c) Apabila setelah didorong, posisi benda seperti yang ditunjukkan pada posisi 1, benda masih bisa kembali ke posisi semula (benda berada dalam keseimbangan stabil). Sebaliknya, apabila setelah didorong, posisi benda seperti yang ditunjukkan posisi 2, benda tidak bisa kembali ke posisi semula. Benda akan terus berguling ke kanan (benda berada dalam keseimbangan tidak stabil/labil)

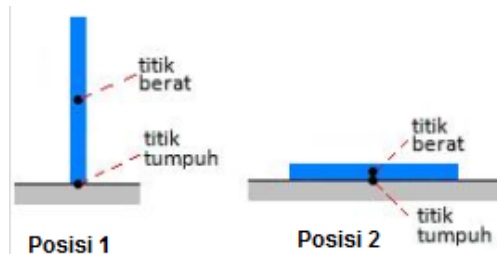
- d) *Ketiga*, keseimbangan *benda* sangat bergantung pada bentuk/ukuran benda. Benda yang kurus dan langsing berada dalam keseimbangan tidak stabil jika posisi berdiri benda tersebut tegak. Alas yang menopang benda tidak lebar. Ketika disentuh sedikit saja, benda langsung tumbang.



Perbandingan kesetabilan balok tipis dan tebal

Perhatikan posisi titik berat dan titik tumpu. Sebaliknya, benda yang tebal lebih stabil. Alas yang menopang benda lumayan lebar. Setelah bergerak, titik beratnya masih berada di sebelah kiri titik tumpu, sehingga benda masih bisa kembali ke posisi semula.

- e) *Keempat*, keseimbangan benda tergantung pada jarak titik berat dari titik tumpu. Jika posisi berdiri benda seperti pada posisi 1, benda berada dalam keseimbangan tidak stabil. Angin meniup sedikit saja, benda langsung berguling. Bandingkan dengan contoh benda tipis sebelumnya.



Kesetabilan dipengaruhi oleh jarak titik berat dan titik tumpu

Sebaliknya, jika posisi benda tampak seperti pada posisi 2, benda berada dalam keseimbangan stabil. Sekarang perhatikan jarak antara titik berat dan titik tumpu. Ketika benda berdiri (posisi 1), jarak titik berat dan titik tumpu lumayan besar. Ketika benda pada posisi (posisi 2), jarak antara titik berat dan titik tumpu sangat kecil. Dengan demikian keseimbangan benda sangat bergantung pada jarak titik berat dari titik tumpu. Semakin jauh titik berat dari titik tumpu (posisi 1), keseimbangan benda semakin tidak stabil. Sebaliknya, semakin dekat titik berat dari titik tumpu (posisi 2), keseimbangan benda semakin stabil.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran 2 ini merupakan konsep dasar/ esensial yang terdapat dalam keseluruhan materi *Kesetimbangan Benda Tegar*. Masih terdapat kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi. Untuk itu silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka. Setelah menyelesaikan soal latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan Pembelajaran 2 dengan kerja keras, kreatif, disiplin dan kerja sama.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

GESEKAN



Gambar 3.1. Gesekan ban mobil pada tanah kering menyebabkan mobil dapat melaju

Pernahkan Anda merenungkan, mengapa kita dapat berjalan di atas lantai tanpa tergelincir? Mengapa kendaraan Anda dapat sampai ke tempat manapun yang Anda tuju? Coba perhatikan gambar mobil di samping, mobil dapat melaju dengan kencang dan ketika berada di atas tanah, menimbulkan semburan

debu dan butiran tanah ke arah belakang mobil. Mengapa Mobil dapat melaju di atas tanah? Dan bagaimana debu dan butiran tersebut dapat terlontar ke belakang mobil? Gaya gesekan antar ban dengan tanah lah yang menyebabkan mobil dapat melaju, serta debu dan butiran tanah dapat terlontar ke belakang.

Materi Gesekan merupakan materi fisika SMA, pada Kurikulum 2013 disajikan di kelas X semester 1 dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3)

Aspek Pengetahuan: 3.4 Menganalisis hubungan antara gaya, massa, dan gerakan benda pada gerak lurus. KD dari KI 4 **Aspek Keterampilan:** 4.1 Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat untuk penyelidikan ilmiah dan 4.4. Merencanakan dan melaksanakan percobaan untuk menyelidiki hubungan gaya, massa, dan percepatan dalam gerak lurus.

Kompetensi guru yang akan dikembangkan pada diklat PKB tingkat 3 untuk materi gesekan adalah: “20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika, serta penerapannya secara fleksibel”, dengan sub kompetensi “Menjabarkan konsep dan teori gaya gesekan statik dan kinetik” Kompetensi ini dapat dicapai jika guru belajar materi ini dengan kerja keras, profesional, kreatif dalam melakukan tugas sesuai instruksi pada bagian aktivitas belajar yang tersedia, disiplin dalam mengikuti tahap-tahap belajar serta bertanggung jawab dalam membuat laporan atau hasil kerja.



A. Tujuan

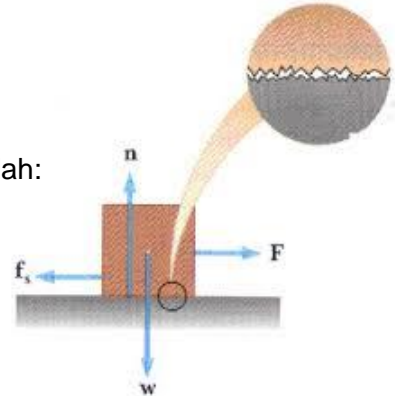
Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

1. menerapkan konsep gesekan dan penyebabnya melalui kajian materi
2. terampil melakukan berbagai praktik/percobaan terkait pengaruh gesekan pada gerak benda secara teliti

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. mengidentifikasi karakteristik gesekan statik dan kinetik
2. menyelesaikan persoalan gesekan dalam kehidupan sehari-hari



Gambar 3.2.a. Daerah kontak mikroskopik antara kotak dan meja hanyalah bagian kecil dari daerah kontak mikroskopik. Bagian ini sebanding dengan gaya normal yang dikerjakan antara permukaan-permukaan.

C. Uraian Materi

Dalam mempelajari gerak benda yang berkaitan dengan karakteristik benda dan interaksi gaya-gaya antara benda itu dengan lingkungannya, maka gaya gesekan merupakan salah satu diantara gaya-gaya itu. Gaya gesekan terjadi antara dua permukaan benda yang saling bersentuhan dan bergerak satu terhadap yang lain.

Jika dua benda bergerak satu terhadap yang lain dan selama gerak itu permukaan kedua benda saling bersentuhan, maka masing-masing benda melakukan gaya gesekan satu terhadap yang lain. Gaya gesekan pada sebuah benda berlawanan arah dengan arah gerak benda itu. Jadi gaya gesekan melawan gerak benda dan bukan mendorong gerak benda. Namun demikian, itu tidak selalu berarti bahwa gaya gesekan itu merugikan dan hanya terjadi pada permukaan dua benda yang bergerak satu terhadap yang lain.

Dari gambar 3.2.b dapat diuraikan jika gaya F kecil, maka balok tetap diam. Balok diam karena gaya horizontal yang mengimbangi gaya F , lebih besar gaya ini adalah gaya gesek statis (f_s). Jika gaya F diperbesar, maka gaya gesek (f_s) juga bertambah besar, yang berusaha menekan gaya F , sampai besarnya mencapai f_{sm} (gaya gesek statik maksimum). Jika F diperbesar lebih lanjut, gaya gesek (f_s) tidak mampu lagi menekan gaya F , sehingga balok mulai bergerak. Jika balok mulai bergerak, maka besar F akan menurun dan f_{sm} juga mengecil sampai di bawah f_k (gaya gesek kinetik). Secara singkat dapat diilustrasikan sebagai berikut:

(i) $F < f_s$: maka *balok diam di tempat*



- (ii) $F = f_s$: balok diam di tempat, dengan gaya gesek yang sudah sampai batas maksimum (f_{sm}) yang dapat dilakukan untuk menahan gesekan (F)
- (iii) $F > f_s$: balok bergerak. Selama bergerak, balok akan mengalami gesekan gesek kinetik (f_k).



Gambar 3.2.b. Grafik gaya gesek statis, gaya gesek statis maksimum, dan gaya gesek kinetik

Gaya gesek statis maksimum adalah berbanding lurus dengan komponen gaya normal (F_N) dari reaksi pada permukaan:

$$f_{sm} = \mu_s \cdot F_N \quad ; \quad \mu_s : \text{koefisien gesek statis}$$

Gaya gesek kinetik dari gaya gesekan kinetik:

$$f_k = \mu_k \cdot F_N \quad ; \quad \mu_k : \text{koefisien gesek kinetik.}$$

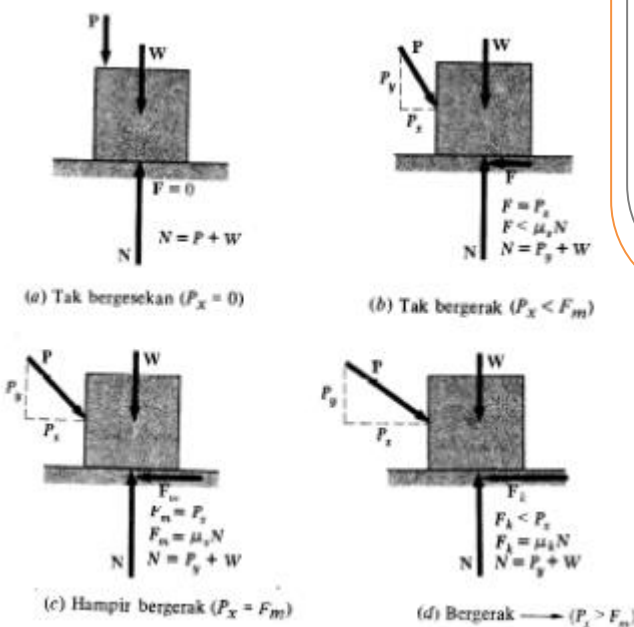
μ_s & μ_k tidak tergantung pada luas permukaan bidang kontak. Tetapi sangat dipengaruhi sifat dari permukaan kontak. Harga koefisien gesekan statis dapat dilihat pada daftar berikut ini.

- Logam terhadap logam 0,15 – 0,60
- Logam terhadap kayu 0,20 – 0,60
- Logam terhadap batu 0,30 – 0,70
- Logam terhadap kulit 0,30 – 0,60
- Kayu terhadap kayu 0,25 – 0,50
- Kayu terhadap kulit 0,25 – 0,50
- Batu terhadap batu 0,40 – 0,70
- Tanah terhadap bumi 0,20 – 1,00
- Karet terhadap beton 0,60 – 0,90



Karakter Nasionalis

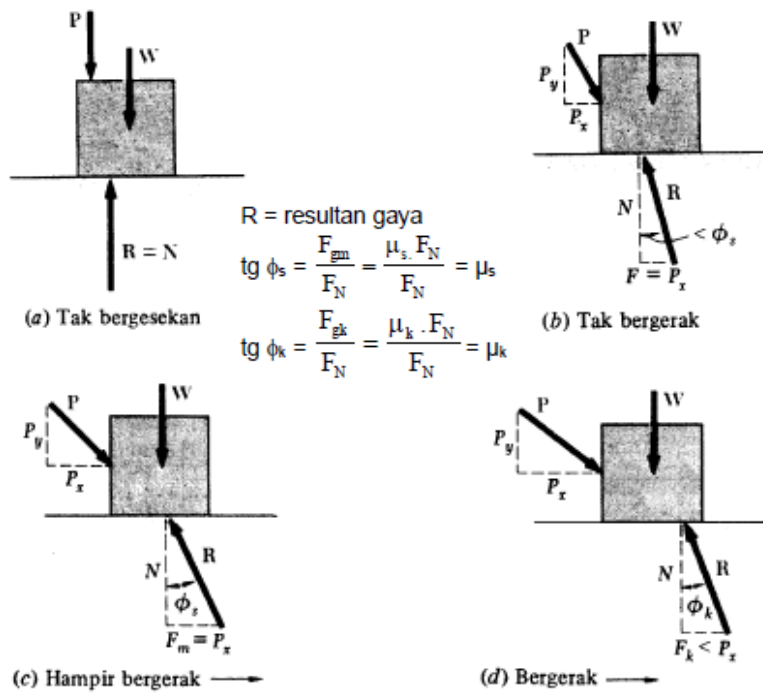
Indonesia dikenal dengan keragaman budaya, suku dan agama. Tentunya dalam bermasyarakat atau bersosial perlu menjaga sikap, lisan, dan fikiran agar tidak saling menyakiti. Karakter saling menghormati ini dapat menghindarkan gesekan dalam kehidupan sosial, karena sangat merugikan. Namun tidak semua gesekan dalam kehidupan kita merugikan, contohnya kritik yang membangun dan nasehat. Contoh tersebut dalam pelaksanaannya dapat menimbulkan gesekan, namun jika disampaikan dengan cara dan baik dan ditanggapi dengan cara positif, dapat menimbulkan kemajuan atau perbaikan seperti gaya gesekan kinetik yang dapat menyebabkan benda dapat bergerak.



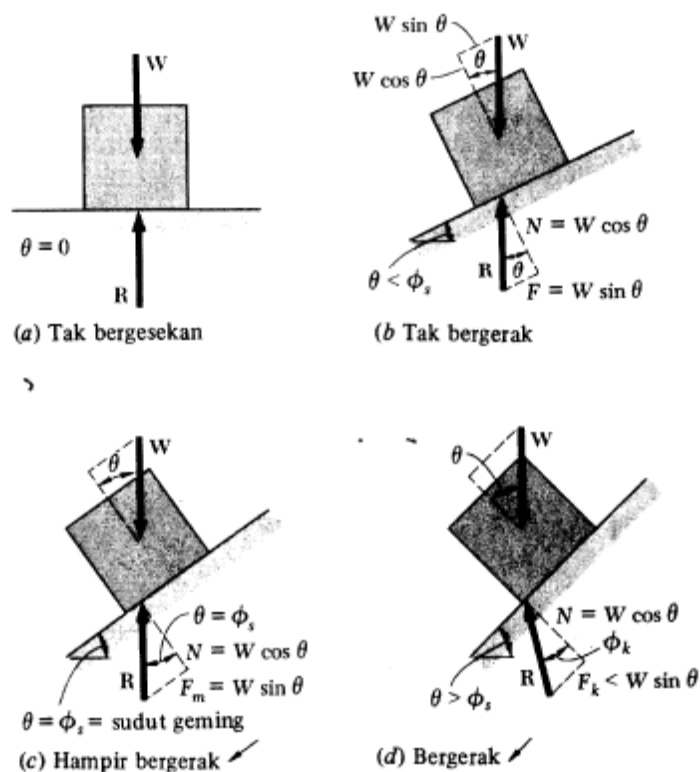
Ilustrasi tekanan (P) terhadap gesekan balok yang diakibatkan oleh gaya (F) dan gaya gesekan (f_g) dapat dilihat pada gambar di samping.



Ilustrasi tekanan (P) terhadap sudut gesekan pada gesekan balok yang diakibatkan oleh gaya (F) dan gaya gesekan (f_g) dapat dilihat sebagai berikut.



Ilustrasi sudut gesekan pada gesekan balok di bidang miring yang diakibatkan oleh gaya berat (W) dan gaya gesekan (f_g) dapat dilihat sebagai berikut.





Pada modul ini diuraikan gaya gesekan antara permukaan-permukaan benda padat, yang dibedakan atas gaya gesekan statis dan gaya gesekan kinetik. Gaya gesekan statis terjadi antara dua permukaan benda yang diam satu terhadap yang lain, dan gaya gesekan kinetik terjadi antara dua permukaan benda yang bergerak satu terhadap yang lain. Selanjutnya Anda pelajari kedua macam gaya gesekan itu satu demi satu.

1. Gaya Gesekan Statik

Seperti telah dikemukakan sepintas, gaya gesekan statis merupakan gaya gesekan yang terjadi antara dua permukaan benda yang diam satu terhadap yang lain. Pernyataan diam di atas memiliki rentang mulai dari keadaan diam yang benar-benar diam, sampai dengan keadaan tepat akan bergerak. Bergerak juga dapat berarti bergeser (*translasi*) dan berguling berguling (*rotasi*). Keadaan tepat akan bergerak juga dapat berarti tepat akan bergeser, tepat akan berguling, dan tepat akan bergeser serta tepat akan berguling. Sekarang Anda akan mempelajari sampai keadaan tepat akan bergeser dan bergeser saja, jadi hanya translasi dan tidak ada rotasinya.

a. Sebuah benda diletakan dan diam di atas bidang datar.

Sesuai dengan hukum I Newton maka harus dipenuhi

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \vec{N} = -\vec{W}$$

b. Gaya normal (\vec{N}) sama besar dan berlawanan arah dengan gaya berat benda (\vec{W}), garis kerja \vec{N} dan \vec{W} berimpit.

c. Benda kemudian diberi gaya \vec{F} dan ternyata masih diam.

Untuk keadaan ini pun harus dipenuhi Hukum I Newton

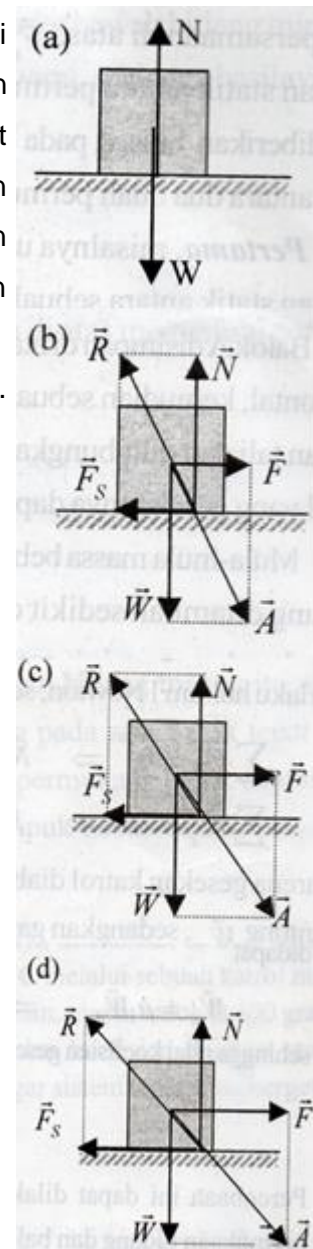
$$\sum \vec{F} = 0, \text{ sehingga diperoleh}$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \quad \vec{N} = -\vec{W}$$

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad \vec{F}_s = -F$$

Pada benda harus ada gaya yang melawan \vec{F} sehingga benda tetap diam. Gaya ini hanya disebabkan oleh gesekan antara permukaan benda dan bidang yang masih diam, oleh sebab itu, disebut sebagai gaya gesekan statis \vec{F}_s . Pada keadaan ini titik tangkap gaya normal bergeser ke arah gaya yang diberikan.

d. Benda dapat tetap diam walau gaya \vec{F} terus diperbesar sedikit demi sedikit sampai batas tertentu.



Gambar 3.3. Gaya gesekan statik



Ini berarti bahwa gaya gesekan itu juga semakin besar sampai batas tertentu selama benda belum bergerak.

- e. Pada batas gaya \vec{F} tertentu benda mencapai keadaan tepat akan bergerak. Pada keadaan ini, berarti gaya gesekan statik, sudah mencapai harga maksimum. Untuk keadaan ini tetap berlaku hukum I Newton, yaitu.

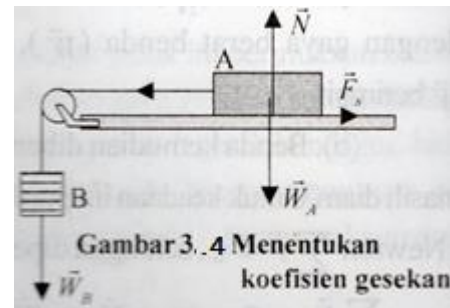
$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_y &= 0 & \vec{N} &= -\vec{W} \\ \sum \vec{F}_x &= 0 & \vec{F}_{s \text{ maks}} &= \vec{F}_{\text{maks}} \end{aligned}$$

Nilai gaya gesekan maksimum itu dinyatakan oleh persamaan

$$\vec{F}_{s \text{ maks}} = \mu_s N \tag{3.1}$$

Pada persamaan di atas $\vec{F}_{s \text{ maks}}$ adalah gaya gesekan statik maksimum, μ_s adalah koefisien gesekan statik antara permukaan benda dan permukaan bidang, dan \vec{N} adalah gaya normal yang diberikan bidang pada benda. Bagaimanakah cara menentukan besarnya koefisien gesekan statik antara dua buah permukaan? Untuk itu dapat dilakukan dengan misalnya cara-cara berikut ini:

Pertama, misalnya untuk menentukan koefisien gesekan statik antara sebuah balok dengan suatu bidang datar. Balok A disimpan di atas bidang datar yang dipasang horizontal, kemudian sebuah beban gantung B di pasang dengan tali dan dihubungkan ke balok A, melalui sebuah katrol yang gesekannya dapat diabaikan.



Mula-mula massa beban gantung sekecil mungkin agar balok diam, kemudian, massa benda gantung ditambah sedikit demi sedikit sampai balok A tepat akan bergeser. Pada saat balok tepat akan bergeser ini, gaya gesekan mencapai harga maksimum, dan untuk balok itu harus berlaku hukum I newton, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_y &= 0 & \vec{N} &= -\vec{W} \\ \sum \vec{F}_x &= 0 & \vec{F}_s &= -\vec{T} \end{aligned}$$

Karena gesekan katrol diabaikan, maka besarnya tegangan tali sama dengan berat beban gantung \vec{W}_B , sedangkan gaya gesekan maksimumnya memenuhi persamaan (3.1), sehingga didapat:

$$\vec{W}_B = \mu_s \vec{W}_A \quad m_B g = \mu_s m_A g$$

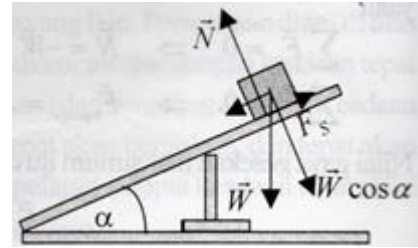
Nilai koefisien gesekan itu adalah:

$$\mu_s = \frac{m_B}{m_A} \tag{3.2}$$



Percobaan ini dapat dilakukan dengan berbagai jenis permukaan bidang dan balok serta berbagai massa balok misalnya dengan cara menumpuk beban tambahan di atas balok.

Kedua balok diletakkan di atas bidang datar horisontal, kemudian bidang datar itu dimiringkan sedikit demi sedikit hingga balok tepat akan bergeser ke bawah bidang miring. Untuk keadaan tepat akan bergeser ini harus dipenuhi Hukum I Newton, sehingga hasilnya adalah sebagai berikut.



Gambar 3.5. Bidang miring

$$\begin{aligned}\sum \vec{F}_y &= 0 & \vec{N} &= -\vec{W} \cos \alpha \\ \sum \vec{F}_x &= 0 & \vec{F}_s \text{ maks} &= -\vec{W} \sin \alpha\end{aligned}$$

akhirnya diperoleh besarnya gaya gesekan maksimum di atas memenuhi persamaan:

$$\mu_s N = W \sin \alpha \text{ atau } \mu_s W \cos \alpha = W \sin \alpha,$$

sehingga koefisien gesekannya adalah:

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

Ternyata, bahwa koefisien gesekan antara benda dan bidang miring itu adalah sebesar tangen α dengan α adalah sudut kemiringan bidang pada saat balok tepat akan bergeser. percobaan ini dapat dilakukan untuk berbagai jenis permukaan balok dan bidang miring, serta berbagai massa balok, misalnya dengan menumpuk beban di atas balok.

Contoh 3.1

Balok A dan B dihubungkan dengan tali dan keduanya diletakkan di atas bidang datar horisontal. Balok B dihubungkan dengan tali ke balok C melalui sebuah katrol meja yang digesekannya dapat diabaikan. Bila massa balok A 600 gram, massa balok B 400 gram, koefisien gesekan statik antara balok A dengan meja 0,4 dan koefisien gesekan statik antara balok B dengan meja 0,2. Berapa besar massa balok C agar sistem tepat akan bergerak bersamaan?

Penyelesaian:

Diagram dari contoh soal adalah seperti Gambar 3.6. Selanjutnya, agar lebih mudah menjawab soal seperti ini, sebaiknya dibuat diagram lepas untuk setiap benda, yaitu seperti pada gambar di samping ini. Untuk balok A, maka diagram lepasnya adalah seperti pada Gambar 3.2 (a). Lalu, agar balok A tepat akan bergeser maka:

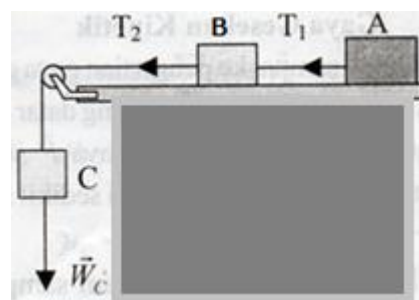
$$\vec{N}_A = -\vec{W}_A$$

$$\vec{T}_1 = \vec{F}_{s, A, maks}$$

atau besarnya:

$$T_1 = \mu_{sA} W = \mu_{sA} m_A g$$

$$= (0,4) \times (0,6 \text{ kg}) \times (10 \text{ m/s}^2) = 2,4 \text{ N}$$



Gambar 3.6. Diagram lepas balok berhubungan



kemudian diagram lepas untuk balok B adalah seperti pada gambar 3.2.(b). Agar balok B tepat akan bergeser, maka harus dipenuhi

$$\vec{N}_B = -\vec{W}_B$$

$$\vec{T}_2 = \vec{T}_1 + \vec{F}_{S.B.maks}$$

atau besarnya:

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 + \mu_{sB} m_B g \\ &= (2,4 \text{ N}) + (0,2) (400 \text{ gram}) (10 \text{ m/s}^2) = 3,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Bila gesekan katrol diabaikan, maka tegangan tali T_2 besarnya sama dengan gaya berat balok C atau $m_C g$, sehingga massa balok C dapat dicari:

$$m_C = \frac{T_2}{g} = \frac{3,2 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 320 \text{ gram}$$

2. Gaya Gesekan Kinetik

Untuk sampai ke pengertian gaya gesekan kinetik, Anda ingat kembali percobaan ketika sebuah benda di atas bidang datar ditarik dengan sebuah gaya mendatar \vec{F} , seperti pada gambar 3.1. Mula-mula besar gaya \vec{F} sekecil mungkin agar balok tidak bergerak, kemudian gaya itu diperbesar sedikit demi sedikit sampai akhirnya balok mencapai keadaan tepat akan bergerak.

Keadaan tetap masih diam sampai akhirnya tepat akan bergerak itu menunjukkan bahwa gaya gesekan statik berubah besarnya sampai maksimum tertentu. Setelah harga maksimum ini tercapai maka jika gaya luar diperbesar lagi sedikit saja benda akan langsung bergeser. Karena Anda telah meyakini bahwa antara benda dan lantainya terdapat gaya gesekan, maka selama benda bergeser atau bergerak pun, gaya gesekan terjadi. Gaya gesekan itu selanjutnya disebut sebagai gaya gesekan kinetik. Namun demikian, gaya gesekan ini jelas lebih kecil dari gaya gesekan statik maksimum, atau secara matematik dapat kita tuliskan:

$$\vec{F}_k < \vec{F}_{S.maks} \quad (3.3)$$

Seperti gaya gesekan statik, gaya gesekan kinetik juga dinyatakan dalam bentuk matematik yang serupa, yaitu:

$$\vec{F}_k = \mu_k \vec{N} \quad (3.4)$$

Mengingat persamaan gaya gesekan statik maksimum dan gaya gesekan kinetik di atas, maka dari persamaan (3.3) kita memperoleh bahwa:

$$\mu_k \vec{N} < \mu \vec{N} \quad (3.5)$$

atau berarti koefisien gesekan kinetik lebih kecil dari koefisien gesekan statik

$$\mu_k < \mu_s$$

**Contoh 3.2**

Sebuah benda yang massanya 400 gram digerakan pada sebuah bidang datar dengan kecepatan awal 12 m/s dan ternyata benda berhenti secara beraturan setelah bergerak selama 6 sekon. Berapa nilai koefisien gesekan kinetiknya?

Penyelesaian:

Benda berhenti secara beraturan, berarti benda mendapat perlambatan konstan atau GLBB, dan akhirnya berhenti setelah $t = 6$ sekon, berarti $\vec{v}_t = \mathbf{0}$

$$\vec{v}_t = \vec{a}t + \vec{v}_0$$

$$0 = \vec{a} (6 \text{ sekon}) + (12 \text{ m/s})$$

$$\vec{a} = - \frac{12 \text{ m/s}}{6 \text{ sekon}} = -2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Menurut Hukum II newton: } \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{karena tidak ada gaya luar yang lain, maka: } \sum F = \vec{F}_k,$$

$$\text{sehingga: } \mu_k \vec{N} = m \vec{a}$$

$$\text{besarnya: } \mu_k mg = ma$$

$$\text{atau: } \mu_k = \frac{a}{g} = \frac{2 \text{ m/s}^2}{10 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,2$$

Gesekan dapat ditinjau sebagai gaya yang ditimbulkan oleh dua permukaan yang bergesekan. Dari hasil pengamatan, dapat dinyatakan bahwa gaya gesekan mempunyai sifat yang khas yaitu sebagai berikut.

- Gaya gesekan tidak menyebabkan benda bergerak,
- Gaya gesekan hanya muncul ketika pada suatu benda diberikan gaya luar untuk menggerakkan benda.
- Arah gaya gesekan selalu berlawanan dengan arah kecenderungan gerak benda.
- Jika benda cenderung bergerak ke kanan, maka gaya gesekan berarah ke kiri.
- Jika benda cenderung bergerak ke kiri, maka gaya gesekan berarah ke kanan.
- Gaya gesekan sebelum benda bergerak besarnya bervariasi mulai dari nol sampai dengan nilai batas tertentu (nilai maksimum). Nilai batas tersebut dicapai pada saat benda tepat akan bergerak. Gaya gesekan yang timbul sejak benda ditarik sampai sesaat benda akan bergerak disebut **Gaya Gesekan Statis (f_s)**.
- Besar Gaya gesekan statis besarnya sama dan arahnya berlawanan dengan gaya Tarik.
- Gaya gesekan yang timbul setelah benda bergerak besarnya lebih kecil dari gaya gesekan statisnya. Gaya gesekan ini disebut **Gaya Gesekan Kinetik (f_k)**.



- i) Besar gaya gesekan bergantung pada kehalusan atau kekasaran permukaan benda yang saling bersentuhan. Semakin kasar permukaan, makin besar gaya gesekan, sebaliknya makin halus permukaan, makin kecil gaya gesekannya.
- j) Besar gaya gesekan juga bergantung pada gaya normal benda N (yaitu gaya yang bekerja pada benda dari permukaan sentuh benda lain).

3. Gaya Gesekan dalam Kehidupan Sehari-hari

Gaya gesekan tidak selalu merugikan dan tidak hanya terjadi pada benda yang bergerak saja. Sebagai contoh, gesekan antara komponen-komponen mesin dapat menghambat gerakan atau putaran mesin dan menimbulkan keausan komponen-komponen mesin yang menyebabkan kerugian dan oleh sebab itu digunakan minyak pelumas untuk mengurangnya; tetapi orang tidak dapat berjalan pada lantai yang licin, dan roda kendaraan slip pada jalan yang licin, disitu berarti gaya gesekan dibutuhkan; sebuah benda diam di atas bidang datar dan masih dapat terus diam ketika bidang itu dimiringkan sampai sudut tertentu, itu berarti bahwa pada benda itu terjadi gaya gesekan yang menyebabkan benda dapat tetap diam sampai keadaan tertentu.

a. Contoh gaya gesekan yang merugikan:

- 1) Gaya gesekan pada mesin mobil dan kopling yang menyebabkan panas yang berlebihan sehingga mesin mobil cepat rusak karena aus. Untuk mengatasi ini, kita memberi oli atau minyak pelumas mesin mobil agar permukaan-permukaannya terpisah oleh oli.
- 2) Gaya gesekan antara ban mobil dan jalan menyebabkan ban mobil cepat tipis, selain itu gaya gesekan ini juga menghambat gerak mobil. Untuk mengatasinya, jalan raya dilapisi dengan aspal.
- 3) Gaya gesekan antara pesawat ruang angkasa dengan atmosfer dapat mengikis dinding pesawat. Untuk mengatasinya dinding pesawat terbuat dari bahan yang lebih tahan terhadap panas.
- 4) Gaya gesekan antara mobil dan udara menyebabkan mobil tidak bergerak dengan kecepatan maksimal. Untuk mengatasinya mobil didesain aerodinamis.

b. Contoh gaya gesekan yang menguntungkan:

- 1) Adanya gaya gesekan antara kaki dengan permukaan jalan, sehingga Anda bisa berjalan. Bayangkan jika Anda berjalan di atas jalan yang licin, kita akan sukar untuk berjalan.
- 2) Adanya gaya gesekan antara udara dengan parasut, sehingga penerjun dapat sampai ke permukaan bumi dengan selamat.



- 3) Gaya gesekan antara ban mobil yang dibuat bergerigi dengan jalan, sehingga mobil tidak tergelincir (selip).
- 4) Prinsip gaya gesekan digunakan pada prinsip pengereman untuk memperlambat kecepatan kendaraan.
- 5) Prinsip gaya gesekan digunakan untuk mengasah pisau atau mata bor dengan menggunakan gerinda.

Cara mengurangi atau memperkecil gaya gesekan adalah sebagai berikut.

- 1) Memperlincin permukaan, misalnya dengan memberi oli atau minyak pelumas. Oli atau pelumas berfungsi sebagai media yang memisahkan antara ke dua permukaan yang bersentuhan.
- 2) Memisahkan kedua permukaan yang bersentuhan dengan udara. Contohnya digunakan pada *Hovercraft*, yaitu kapal laut yang bagian dasarnya berupa pelampung yang diisi udara.

Selanjutnya silahkan Anda pelajari salah satu penerapan konsep gesekan pada kehidupan kita sehari-hari yaitu rem kendaraan sepeda motor atau rem pada mobil. Rem (*brake*) adalah komponen mesin yang berfungsi untuk menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros dan mencegah putaran yang tidak dikehendaki.

Efek pengereman diperoleh dari gesekan jika secara mekanik, serbuk magnet, arus pusar, fasa yang dibalik, arus searah yang dibalik, penukaran kutub jika secara listrik. Secara umum jenis rem yang biasa digunakan:

- Rem blok (*Block or Shoe Brake*)
- Rem pita (*Band Brake*)
- Rem drum/tromol (*Internal Expanding Brake*)
- Rem cakram (*Disc Brake*)

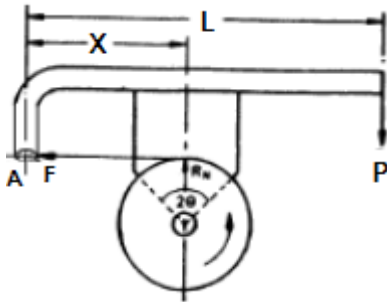
Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam desain rem adalah gaya penggerak rem, daya yang dipindahkan, energi yang hilang dan kenaikan suhu dengan menggunakan prosedur analisis tertentu. Prosedur analisis pada rem dilakukan dengan dengan cara mencari distribusi tekanan pada permukaan gesek, mencari hubungan tekanan maksimum dan tekanan pada setiap titik, menggunakan keseimbangan statis untuk gaya gesek, daya dan reaksi.

Konstruksi dari rem blok secara umum dapat dibedakan dalam tiga kondisi berdasarkan desain tumpuan handel penggerak rem. Rumus umum yang digunakan dalam perhitungan adalah:



- Gaya tangensial: $F_t = \mu \cdot F_N$
- Torsi (τ) = $F_t \cdot r = \mu \cdot F_N \cdot r$

1) Rem Blok Kasus I



F: gaya untuk pengereman
 F_N : gaya normal
 F_t : gaya tangensial
 μ : koefisien gesek
 r : jari-jari roda
 2θ = sudut kontak antara roda dan bidang gesek (*brake shoe*)

Rem Blok Dengan Tumpuan Segaris Dengan F_t

Kondisi dapat ditinjau dalam dua hal, yaitu:

- Roda berputar berlawanan arah jarum jam maka F_t ke kiri
- Roda berputar searah jarum jam maka F_t ke kanan

Untuk menganalisis kasus I digunakan persamaan keseimbangan statis:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ (F \cdot L) - (F_N \cdot X) &= 0 \\ F_N &= \frac{F \cdot L}{X} \end{aligned}$$

Besarnya torsi pada rem:

$$\begin{aligned} \tau &= \mu \cdot F_N \cdot r \\ &= \mu \cdot \frac{F \cdot L}{X} \cdot r \end{aligned}$$

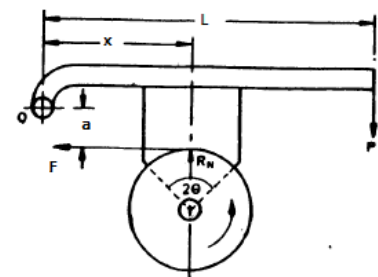
Catatan: Besar torsi rem sama untuk putaran Sjj atau Bjj

2) Rem Blok Kasus II

Kasus ini terjadi karena tumpuan sendi dan gaya tangensial mempunyai jarak a sehingga menimbulkan momen ($F_t \cdot a$). Analisis untuk kondisi roda berlawanan dengan arah jarum jam adalah:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ (F \cdot L) - F_N \cdot x + F_t \cdot a &= 0 \\ F_N \cdot x &= F \cdot L + F_t \cdot a \\ F_N \cdot x &= F \cdot L + \mu \cdot F_N \cdot a && \text{dimana } F_t = \mu \cdot F_N \\ F_N \cdot x - \mu \cdot F_N \cdot a &= F \cdot L \\ F_N \cdot (x - \mu \cdot a) &= F \cdot L \end{aligned}$$

- Gaya normal: $F_N = \frac{F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$



Rem Blok Dengan Tumpuan Di atas F_t



- Torsi pengereman: $\tau = F_t \cdot r = \mu \cdot F_N \cdot r = \frac{\mu \cdot r \cdot F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$

Analisis untuk kondisi roda searah dengan arah jarum jam adalah maka F_t ke kanan.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(F \cdot L) - F_N \cdot x - F_t \cdot a = 0$$

$$F_N \cdot x + F_t \cdot a = F \cdot L$$

$$F_N \cdot x + \mu \cdot F_N \cdot a = F \cdot L$$

$$F_N (x + \mu a) = F \cdot L$$

- Gaya normal: $F_N = \frac{F \cdot L}{(x + \mu \cdot a)}$

- Torsi pengereman: $\tau = \mu \cdot F_N \cdot r = \frac{r \cdot F \cdot L}{(x + \mu \cdot a)}$

3) Rem Blok Kasus III

Kasus ini terjadi karena tumpuan sendi dan gaya tangensial mempunyai jarak a sehingga menimbulkan momen $F_t \cdot a$. Analisis untuk kondisi roda berlawanan dengan arah jarum jam adalah:

$$\Sigma MA = 0$$

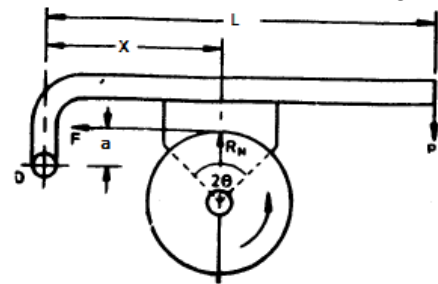
$$F \cdot L - F_N \cdot x - F_t \cdot a = 0$$

$$F_N \cdot x + F_t \cdot a = F \cdot L$$

$$F_N \cdot x + \mu \cdot F_N \cdot a = F \cdot L$$

- Gaya normal: $F_N = \frac{F \cdot L}{(x + \mu \cdot a)}$

- Torsi pengereman: $\tau = F_t \cdot r = \mu \cdot F_N \cdot r = \frac{\mu \cdot r \cdot F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$



Rem Blok Dengan Tumpuan Di bawah F_t

Analisis untuk kondisi roda searah dengan arah jarum jam adalah maka:

- Gaya normal: $F_N = \frac{F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$

- Torsi pengereman: $\tau = \frac{\mu \cdot r \cdot F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$

Catatan:

- ✓ Jika sudut kontak lebih dari 60° maka koefisien gesek yang digunakan adalah koefisien gesek ekuivalen.

$2\theta > 60^\circ$, maka dipakai μ' : koefisien gesek ekuivalen.

$$\mu' = \frac{4 \cdot \mu \cdot \sin \theta}{2\theta + \sin 2\theta}$$

- ✓ Torsi pengereman:

$$\tau = \mu' \cdot F_N \cdot r$$

- ✓ Untuk rem blok ganda berlaku:

$$\tau = (F_{t1} + F_{t2}) \cdot r$$

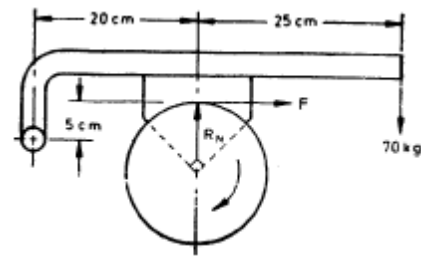
F_{t1} : gaya tangensial pada blok 1

F_{t2} : gaya tangensial pada blok 2



Contoh 3.3

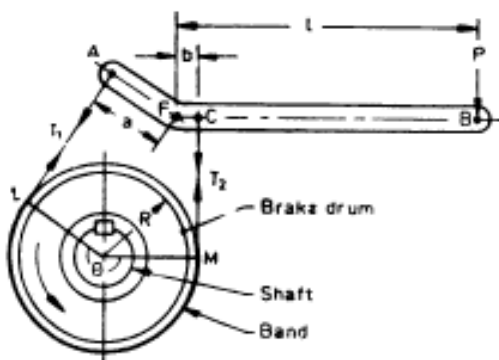
Rem blok tunggal seperti Gambar di samping. Diameter drum rem (brake drum)/roda 25 cm dan sudut kontak 90°. Jika gaya yang diperlukan untuk mengoperasikan rem 700 N dan koefisien gesek antara drum dan sepatu rem 0,35. Berapa nilai torsi yang dapat ditransmisikan oleh rem tersebut.



Penyelesaian:

<p>i. Diketahui: $F = 700 \text{ N}$ $X = 25 \text{ cm}$ $\mu = 0,35$ $L = 50 \text{ cm}$ $d = 25 \text{ cm}$ $a = 5 \text{ cm}$ $r = 12,5 \text{ cm}$</p>	<p>ii. $\mu' = \frac{4 \cdot \mu \cdot \sin \theta}{2\theta + \sin 2\theta}$ $= \frac{4 \cdot (0,35) \cdot \sin 45^\circ}{\frac{\pi}{2} + \sin 90^\circ}$ $= 0,385$</p>
<p>iii. $\Sigma M_A = 0$ $(F \cdot L) - F_N \cdot x + F_t \cdot a = 0$ $- F_N \cdot x + F_t \cdot a = - F \cdot L$ $F_N \cdot x - F_t \cdot a = F \cdot L$ $F_N \cdot x - (\mu \cdot F_N \cdot a) = F \cdot L$ $F_N \cdot (x - \mu \cdot a) = F \cdot L$</p>	<p>iv. Gaya normal: $F_N = \frac{F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$ $= \frac{700 \times 50}{(25 - 0,385 \times 5)}$ $= 1517 \text{ N}$</p>
	<p>v. Torsi pengereman: $\tau = \mu \cdot F_N \cdot r$ $= 0,385 \cdot 1517 \cdot 12,5$ $= 7300 \text{ N} \cdot \text{cm}$</p>

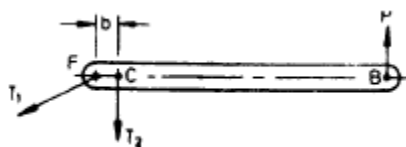
4) Rem Pita



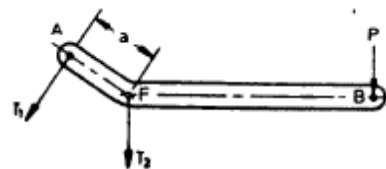
Rem pita (*band brake*) merupakan rem dengan bidang gesek untuk proses pengereman berupa pita atau tali. Bahan dasar dari pita antara lain terbuat dari kulit, kain dan baja.

- R: jari-jari drum
- t: tabel pita
- R_θ : jari-jari efektif dari drum = $R + \frac{t}{2}$
- P: gaya untuk mengerem

Konstruksi Rem Pita Tipe I



Konstruksi Rem Pita Tipe II



Konstruksi Rem Pita Tipe III

Keterangan:

- T_1 : tegangan bagian tegangan dari pita
- T_2 : tegangan bagian kendur dari pita
- θ : sudut kontak tali / pita dengan drum
- μ : koefisien gesek tali dan drum

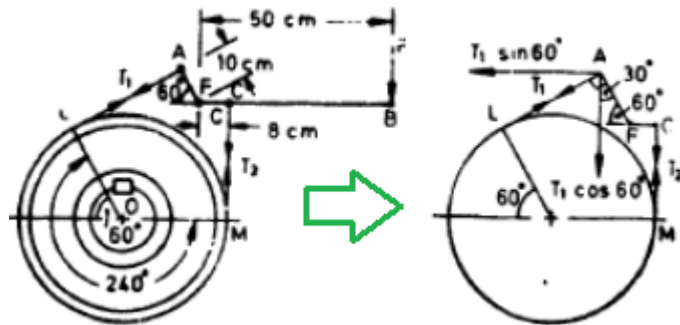


Analisis tegangan tali menggunakan prinsip tegangan sabuk (belt). Misal drum berputar berlawanan arah jarum jam, maka T_1 (tegangan pada sisi tegang) $>$ T_2 (sisi kendur). Berlaku persamaan tegangan sabuk (belt):

- a) $\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta}$ atau $2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu\theta$
- b) Gaya untuk pengereman = $T_1 - T_2$
- c) Torsi pengereman :
 - $T_B = (T_1 - T_2) R_e$ (jika ketebalan pita diperhitungkan)
 - $T_B = (T_1 - T_2) R$ (jika ketebalan pita tidak dihitung)
- d) Keseimbangan momen di F ($\Sigma M_F = 0$)
 - $\Sigma M_F = 0$ $T_1 > T_2$
 - $P \cdot L = T_1 \cdot a - T_2 \cdot b$
 - $\Sigma M_F = 0$ (CW) $T_1 < T_2$
 - $P \cdot L = T_2 \cdot a - T_1 \cdot b$
 - $\Sigma M_F = 0$
 - $P \cdot L = T_2 \cdot b$
 - $\Sigma M_F = 0$
 - $P \cdot L = T_1 \cdot a$
- e) Untuk rem terjadi *self locking*, nilai $P = 0$. Kondisi terjadi penguncian rem ini:
 - CCW $\rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{a}{b}$
 - CW $\rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{a}{b}$

Contoh 3.4.a

Sebuah rem pita dengan panjang handel 50 cm, diameter drum 50 cm dan torsi maksimum 10000 kg.cm. Jika koefisien gesek 0,3, hitung tegangan T_1 , T_2 dan gaya untuk pengereman.



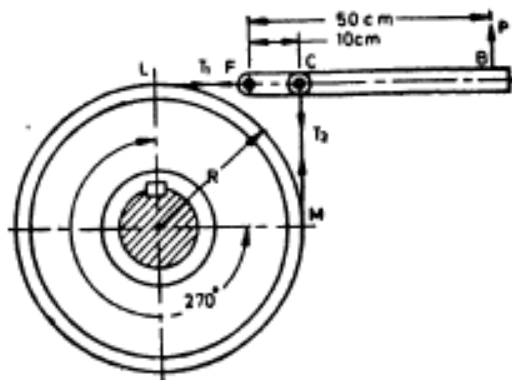
Penyelesaian:

(i) Torsi pengereman: $T_B = (T_1 - T_2) R$ $10000 = (T_1 - T_2) \cdot \frac{50}{2}$ $T_1 - T_2 = 400 \text{ kg} \dots \dots \dots (1)$	(ii) Sudut kontak (θ): $\theta = 240^\circ$ $= 240 \times \frac{\pi}{180^\circ}$ $= 4/3 \pi \text{ radian}$
(iii) Mencari T_1 & T_2 : $2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu\theta$ $2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = 0,3 \times 4\pi/3 = 1,26$ $\log \frac{T_1}{T_2} = 1,26/2,3 = 0,546$ $\frac{T_1}{T_2} = 3,516$ $T_1 = 3,516 T_2 \dots \dots \dots (2)$	(iv) Substitusi persamaan (2) \rightarrow (1) $T_1 - T_2 = 400$ $3,516 T_2 - T_2 = 400$ $2,516 T_2 = 400$ Tegangan tali: $T_2 = 400/2,516 = 159 \text{ kg} = 1590 \text{ N}$ Tegangan tali: $T_1 = 3,51 T_2 = 3,516 \cdot 159 = 559 \text{ kg}$ $= 5590 \text{ N}$
(v) Gaya untuk operasional rem $\Sigma MF = 0$ $P \cdot 50 + T_2 \cdot 8 - T_1 \cdot 10 = 0$ $P \cdot 50 + T_1 \cdot 10 - T_2 \cdot 8 = 559 \cdot 10 - 159 \cdot 8$ $P = 4318/50 = 86,36 \text{ kg} = 864 \text{ N}$	



Contoh 3.4.b

Sebuah rem pita seperti pada gambar. Diagram drum 45 cm., sudut kontak 270° torsi pengereman maksimum 2250 kg.cm, koefisien gesek (μ) 0,25. Hitunglah tegangan tali sisi kendur, tegang dan gaya untuk operasional rem.



Penyelesaian:

<p>(i) Sudut kontak $\theta = 270^\circ = 270 \times \pi/180^\circ$ $= 4,713 \text{ rad}$</p>	
<p>(ii) Torsi pengereman : $T_B = (T_1 - T_2) \cdot R$ $2250 = (T_1 - T_2) \cdot (45/2)$ $T_1 - T_2 = 2250/22,5 = 100 \dots\dots\dots (1)$</p>	<p>(iv) Substitusi persamaan (2) \rightarrow (1): $(T_1 - T_2) = 100$ $3,253 T_2 - T_2 = 100$ $2,253 T_2 = 100$ $T_2 = 44,4 \text{ kg} = 444 \text{ N}$ $T_1 = 3,253 T_2$ $= 3,253 (44,4) = 144,4 \text{ N}$</p>
<p>(iii) Tegangan tali: $2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu\theta$ $2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = 0,25 \cdot 4,713 = 1,178$ $\log \frac{T_1}{T_2} = 1,178/2,3 = 0,5122$ $\frac{T_1}{T_2} = 3,253 \rightarrow \text{gunakan anti log } 0,5122$ $T_1 = 3,253 T_2 \dots\dots\dots (2)$</p>	<p>(v) Gaya untuk mengoperasikan rem. $\Sigma M_F = 0$ $P \cdot L - T_2 \cdot b = 0$ $P \cdot L = T_2 \cdot b$ $= 44,4 \cdot 10 = 444$ $P = 444/50$ $= 8,88 \text{ kg}$ $= 88,8 \text{ N}$</p>

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi Gesekan, Anda dapat melakukan kegiatan *eksperimen* dan *non eksperimen* baik secara individu maupun berkelompok yang petunjuknya disajikan dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan percobaan, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Lakukan percobaan dengan disiplin ikuti aturan bekerja di laboratorium. Selanjutnya perwakilan peserta mempresentasikan hasil percobaan, peserta lain menyimak presentasi dengan cermat dan serius sebagai penghargaan kepada pembicara. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.



LK-3.1. Gaya Gesek

Pada bahasan sebelumnya telah dinyatakan bahwa gaya gesekan termasuk salah satu gaya sentuh yaitu gaya yang ditimbulkan oleh sentuhan langsung antara permukaan dua buah benda. Perhatikan Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar LK-3.1. Meja di dorong di atas lantai kasar

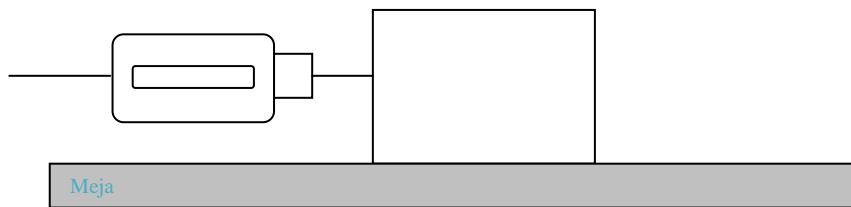
Seseorang berusaha mendorong meja pada lantai kasar. Meja akan mudah didorong jika dibantu dengan menyelipkan karpet sebagai bantalan, atau akan lebih mudah jika diselipkan dua batang bambu sebagai bantalannya, kenapa demikian? Sebelum membahas lebih lanjut tentang gaya gesekan, lakukan percobaan berikut.

1. Jatuhkan selembar kertas dan sebuah bola tenis pada saat bersamaan. Manakah yang jatuh ke lantai lebih dulu? kemudian, remaslah kertas tadi sehingga berbentuk bulatan padat, kemudian jatuhkan kembali bulatan kertas dan bola tenis pada saat bersamaan. Manakah yang jatuh lebih dulu ke lantai?
.....
2. Ketika selembar kertas dan bola tenis di jatuhkan pada saat bersamaan, bola tenis akan menyentuh lantai lebih dulu daripada kertas yang terbenteng. Akan tetapi saat bulatan kertas dan bola tenis dijatuhkan secara bersamaan, maka bulatan kertas dan bola tenis akan jatuh hampir bersamaan. Kenapa demikian?
.....

Selanjutnya Anda lakukan kegiatan berikut:

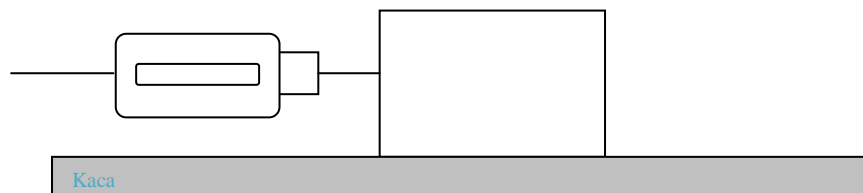
Langkah 1.

Tariklah secara perlahan-lahan sebuah balok yang diletakkan di atas permukaan kasar (misalnya permukaan meja) dengan menggunakan sebuah neraca pegas. Amati skala neraca pegas, dan catat besar skala yang ditunjukkan neraca sesaat balok akan bergerak



Langkah 2.

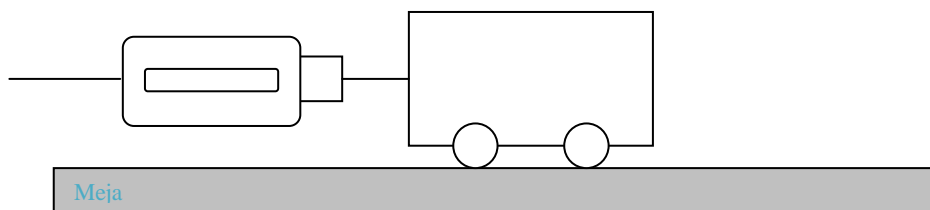
Tarik kembali balok yang sama pada sebuah permukaan licin misalnya permukaan kaca. Catat besar skala yang ditunjukkan neraca sesaat balok akan bergerak.





Langkah 3.

Tarik balok yang sudah diberi roda pada sebuah permukaan kasar (misalnya meja). Catat skala yang ditunjukkan neraca sesaat balok akan bergerak.



Dari hasil pengamatan, dapat dinyatakan bahwa gaya gesekan mempunyai sifat yang khas yaitu sebagai berikut.

- 1) Gaya gesekan tidak menyebabkan benda,
- 2) Gaya gesekan hanya muncul ketika pada suatu benda diberikan luar untuk benda.
- 3) Arah gaya gesekan selalu dengan arah kecenderungan gerak benda.
- 4) Jika benda cenderung bergerak ke kanan, maka gaya gesekan berarah ke
- 5) Jika benda cenderung bergerak ke kiri, maka gaya gesekan berarah ke
- 6) Gaya gesekan sebelum benda bergerak besarnya mulai dari nol sampai dengan nilai (nilai maksimum). Nilai batas tersebut dicapai pada saat benda tepat akan Gaya gesekan yang timbul sejak benda ditarik sampai benda akan bergerak disebut gaya gesekan statis.
- 7) Besar gaya gesekan statis besarnya dan arahnya dengan gaya tarik.
- 8) Gaya gesekan yang timbul setelah benda bergerak besarnya lebih dari gaya gesekan statisnya. Gaya gesekan ini disebut gaya gesekan kinetik.
- 9) Besar gaya gesekan bergantung pada atau kekasaran permukaan benda yang saling
- 10) Semakin kasar permukaan, makin gaya gesekan, sebaliknya makin halus permukaan, makin gaya gesekannya.
- 11) Besar gaya gesekan juga bergantung pada gaya benda N (yaitu gaya yang bekerja pada benda dari permukaan benda lain).

Bagaimana kesimpulan dari hasil pengamatan Anda?

.....

.....

.....

.....

.....

.....



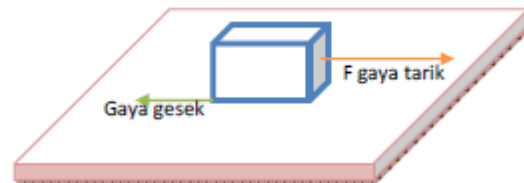
LK-3. 2. Koefisien Gesekan

A. Tujuan:

Menentukan koefisien gesekan yang terjadi bila terjadi interaksi antar dua buah benda

B. Alat dan Bahan:

- Balok kayu 1 buah
- Busur derajat 1 buah
- Benang 20 cm
- Beban 1 buah
- Alas kayu (80x20)cm 1 buah
- Alas kaca (80x20)cm 1 buah
- Alas *sterofoam* (80x20)cm 1 buah



C. Dasar Teori

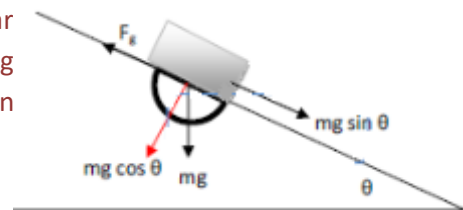
Perhatikan sebuah balok yang terletak di atas permukaan meja, jika balok tersebut diberi gaya F maka gaya ini akan diimbangi oleh gaya yang diberikan meja terhadap balok (f) gaya inilah yang disebut gaya gesek. Arah gaya gesek berlawanan dengan arah gerak benda. Besarnya gaya gesek dapat dirumuskan dalam persamaan: $f = \mu \cdot N$.

Koefisien gesek merupakan sifat permukaan benda yang bersentuhan dan nilainya bergantung pada tekstur permukaan tersebut. Suatu permukaan yang licin mempunyai koefisien gesek yang lebih kecil daripada permukaan meja yang kasar sehingga gaya gesek yang melawan gaya dorong juga kecil.

Gaya gesek yang bekerja pada suatu benda saat benda tersebut masih dalam keadaan diam disebut gaya gesek statis (f_s) sedangkan koefisien geseknya disebut koefisien gesek statis (μ_s). Gaya gesek pada saat benda sudah bergerak disebut gaya kinetis (f_k) sedangkan koefisien geseknya disebut koefisien gesek kinetis (μ_k).

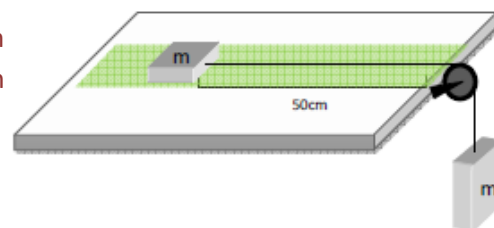
Untuk percobaan pertama, Anda akan mencari besar koefisien gesekan statis. Kita akan menggunakan bidang miring seperti gambar di samping. Besar koefisien gesekannya adalah:

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$



Untuk percobaan kedua, kita akan menentukan koefisien gesekan kinetis. Kita akan menggunakan rancangan eksperimen sebagai berikut:

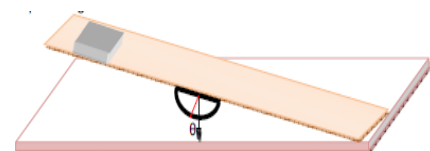
$$\mu_k = \frac{m_2 g - (m_2 + m_1) a}{g m_1}$$



D. Prosedur

a) Langkah-langkah mengetahui koefisien gesekan statis

- 1) Ukurlah massa balok, beri label berdasarkan ukurannya
- 2) Set alat seperti rangkaian berikut.





- 3) Pertama, gunakan alas kayu. Ambil sebuah massa. Tempatkan pada papan.
- 4) Aturlah kemiringan papan. Sedikit demi sedikit naikan kemiringan alas benda hingga sesaat sebelum benda bergerak.
- 5) Lihat kemiringan pada busur derajat
- 6) Catat dalam tabel pengamatan
- 7) Ulangi langkah 2-6 sebanyak lima kali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
- 8) Ulangi langkah 2-7 dengan menggunakan alas yang berbeda.

Tabel pengamatan

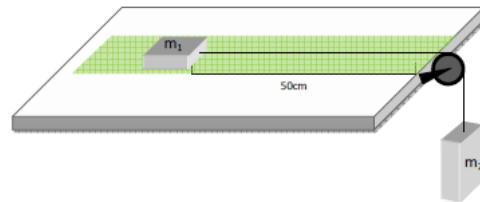
Keofisien gesek statis :

Massa benda :

Pengukuran ke-	Sudut sesaat sebelum benda bergerak (θ)		
	Alas Kayu	Alas kaca	Alas sterofoam
1			
...			
5			

b) Langkah-langkah mengetahui koefisien gesekan kinetis

- 1) Ukurlah kedua massa balok
- 2) Set alat seperti gambar berikut ini.
- 3) Tandai jarak pada meja sejauh 50 cm.
- 4) Pertama ambil alas kayu (dapat menggunakan meja secara langsung)
- 5) Letakan benda seperti pada gambar dan siapkan *stopwatch*.
- 6) Hitunglah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak 50 cm.
- 7) Catalah dalam tabel pengamatan.
- 8) Lakukan langkah 4-7 secara berulang sebanyak 5 kali.
- 9) Ulangi langkah 4-8 dengan menggunakan alas kaca dan *sterofoam*.



Tabel pengamatan

Percobaan ke-	Waktu (s)		
	Kayu	Kaca	Sterofoam
1			
...			
5			

E. Metode pengolahan.

1. Temukan koefisien gesekan antar benda untuk masing-masing alas dengan menggunakan perumusan pada dasar teori.
2. Buatlah rata-rata dari beberapa nilai koefisien gesekan statis (μ_s) untuk masing-masing alas.
3. Buatlah analisis dan kemukakan apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan eksperimen ini.

.....

.....

.....

.....

.....

**LK-3.3. Gesekan Statis antara Dua Permukaan****A. Tujuan**

Menghitung koefisien gesekan statis antara balok kayu dan papan peluncur

B. Pendahuluan

Jika sebuah benda diletakkan di atas sebuah bidang, kemudian ditarik oleh suatu gaya ke samping maka akan timbul gaya gesekan yang arahnya berlawanan dengan arah gaya tarik. Jika benda itu tidak ada yang menarik (tidak ada gaya tarik) ke samping, gaya gesekannya nol. Jika gaya tarik yang bekerja pada benda kecil, gaya gesekannya pun kecil. Jika dengan ini benda masih dalam keadaan diam, gaya gesekan yang terjadi disebut gaya gesekan statis. Jika gaya tarik diperbesar sedikit demi sedikit, maka pada suatu saat benda tersebut dalam keadaan akan mulai bergerak. Pada saat ini gaya gesekan statisnya terbesar. Koefisien gesekan statis dihitung pada saat benda akan mulai bergerak. Besarnya gaya gesekan statis yang menahan benda untuk tidak bergerak bergantung kepada halus kasarnya permukaan benda dan permukaan bidang yang ditempati benda itu yang dikenal dengan koefisien gesekan statis. Besarnya gaya gesekan ini dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$f_s = \mu_s \cdot N$$

Keterangan:

f_s : gaya gesekan statis

μ_s : koefisien gesekan statis

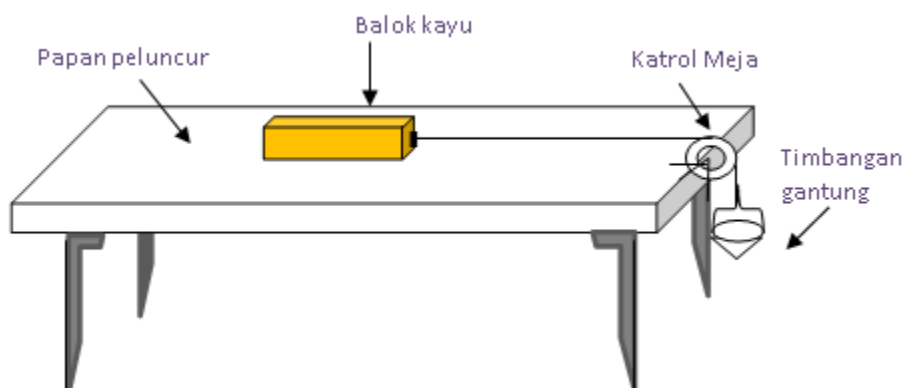
N : gaya normal benda yang besarnya sama dengan berat benda (jika benda tersebut tidak terletak pada bidang miring)

C. Alat dan Bahan

- Balok kayu
- Timbangan gantung
- Paku keling
- Neraca
- Pemberat
- Katrol meja
- Papan peluncur

D. Percobaan/ Prosedur

- 1) Timbanglah balok kayu yang akan anda gunakan dan catat pada tabel.
- 2) Susunlah alat-alat seperti pada gambar berikut.





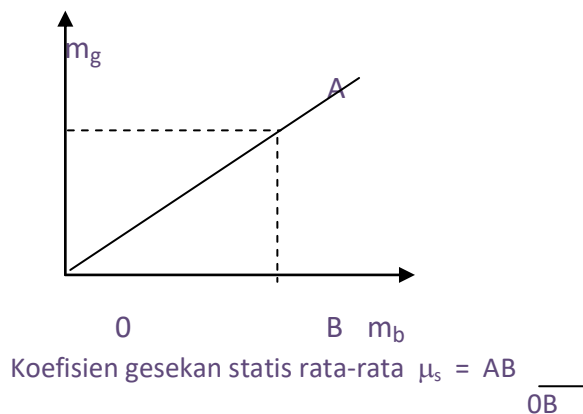
- 3) Masukkan paku keling sedikit demi sedikit ke dalam timbangan gantung sampai balok tersebut dalam keadaan akan bergerak.
- 4) Timbanglah timbangan gantung beserta isinya. Tuliskan hasilnya dalam tabel di bawah ini!
- 5) Tambahkan beban di atas balok kayu, kemudian lakukan lagi langkah 1 sampai langkah 4 di atas.

Tabel Pengamatan

No.	Massa Balok (m_b)	Massa timbangan gantung dan isinya (m_g)	Koefisien gesekan statis $\mu_s = \frac{m_g}{m_b}$
1			
2			
3			
4			
5			
<i>Koefisien gesekan statis rata-rata</i>			

E. Tugas

1. Buatlah grafik untuk mencari nilai koefisien gesekan statis. Massa timbangan gantung dan isinya (m_g) pada sumbu Y dan massa balok kayu dengan pemberatnya (m_b) pada sumbu X.



Bagaimana kesimpulan dari hasil pengamatan Anda?

.....

.....

.....

.....



LK-3. 4. Gesekan pada Bidang Miring

A. Tujuan Kegiatan:

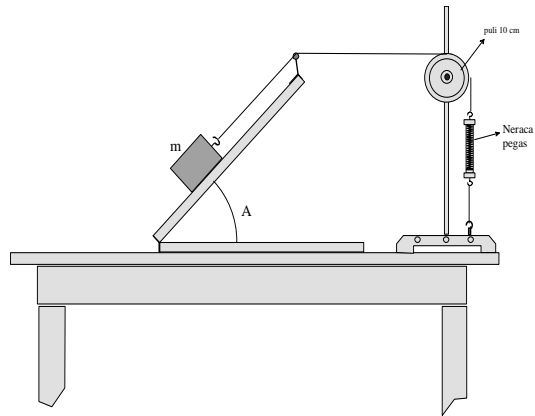
Menentukan Koefisien gesekan pada bidang miring

B. Alat dan bahan:

- Balok alumunium dengan permukaan yang berbeda kekasarannya
- Neraca pegas
- Tali nilon
- Bidang miring berpuli
- Statif
- Puli 10 cm

C. Metode percobaan:

Gesekan merupakan suatu gaya yang muncul pada objek yang bergerak dengan arah menentang gerakan objek tersebut. Terjadinya perlambatan ataupun percepatan suatu objek yang bergerak terjadi dikarenakan pula oleh adanya gesekan. Dalam percobaan ini akan Anda selidiki suatu benda balok dengan berbeda kekasaran diluncurkan di atas permukaan papan miring. Rangkaian percobaannya seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar LK-3.4.a Rangkaian percobaan gaya gesekan

Model diagram vektor bebas dari kedudukan balok ditunjukkan pada gambar di samping. Tegangan tali T adalah gaya berat balok arah kemiringan. Persamaan untuk T dari gambar tersebut adalah:

$T = w \sin A$(1)

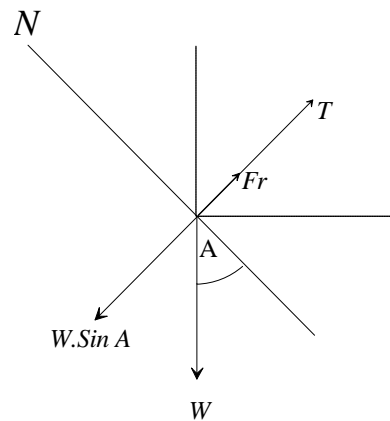
dimana $w = mg$ merupakan berat balok. Anda misalkan gaya gesekan adalah F_r yang berlawanan arah gerakan gaya berat. Total gaya pada balok massa m adalah arah sumbu vertikal bidang miring.

$\sum F = T + F_r - w \sin A = 0$

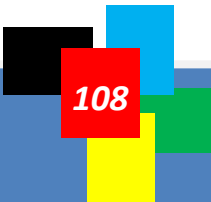
atau

$T = w \sin A - F_r$

atau



Gambar LK-3.4.b. Diagram vektor balok pada bidang miring





$$F_r = (mg \sin A) - T \dots\dots\dots(2)$$

D. Pengamatan dan data percobaan

Siapkan peralatan dan rangkai seperti pada gambar. Letakan balok alumunium pada permukaan bidang miring untuk permukaan kekasaran pertama, tandai dengan pensil. Atur sudut kemiringan bidang miring untuk pertama kali pada 45° dan bacalah jumlah gaya vertikal pada balok yaitu ΣF yang terbaca pada neraca. Selanjutnya, isikan untuk data-data sudut berikutnya seperti yang tertera dalam Tabel-1. Lakukan percobaan yang sama untuk sudut-sudut yang berbeda seperti pada Tabel-1.

Tabel-1: Data hubungan sudut A dan ΣF untuk permukaan balok pertama

No.	A°	$mg \sin A$	T	$F_r = (mg \sin A) - T$
1	45	....	....	....
2	42	....	....	....
3	40	....	....	....
4	38	....	....	....
5	36	....	....	....
6	34	....	....	....
7	32	....	....	....
8	30	....	....	....
9	28	....	....	....
10	26	....	....	....
11	24	....	....	....
12	22	....	....	....
14	20	....	....	....
15	18	....	....	....
16	16	....	....	....
17	14	....	....	....

Ulangi percobaan seperti di atas untuk permukaan balok kedua, dan isikan hasilnya dalam Tabel-2.

Tabel-2: Data hubungan sudut A dan ΣF untuk permukaan balok kedua

No.	A°	$mg \sin A$	T	$F_r = (mg \sin A) - T$
1	45	....	....	....
2	42	....	....	....
3	40	....	....	....
4	38	....	....	....
5	36	....	....	....
6	34	....	....	....
7	32	....	....	....
8	30	....	....	....



9	28	....	....	....
10	26	....	....	....
11	24	...	....	....
12	22	...	....	....
14	20	...	....	....
15	18	...	....	....
16	16	...	....	....
17	14	...	....	....

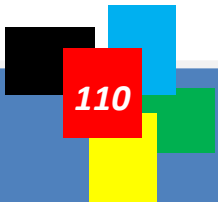
E. Hasil percobaan dan kesimpulan

- 1) Berdasarkan pada Tabel-1 dan Tabel-2 buatlah grafik hubungan F_r terhadap T
.....
- 2) Pada saat sudut berapa harga F_r tetap untuk data dalam Tabel-1 dan Tabel-2?
.....
- 3) Dari grafik yang anda peroleh dari Tabel-1, tentukan bagian dari grafik yang mempunyai kemiringan garis dari data tersebut koefisien arah garisnya? Demikian pula tentukan koefisien arah kemiringan garis untuk bagian kemiringan dari data dalam Tabel-2?
.....
- 4) Apa arti fisik dari nilai koefisien garis tersebut, jelaskan dengan menghubungkan perbedaan data yang diperoleh pada Tabel-1 dan Tabel-2.
.....

Bagaimana kesimpulan dari hasil pengamatan Anda?

F. Bahan diskusi

Sebuah bola dan kubus keduanya bermassa m digelindingkan atau digelincirkan di atas lantai. Jika anda amati gerakan balok lebih cepat berhenti dari pada bola? Berikan penjelasan.





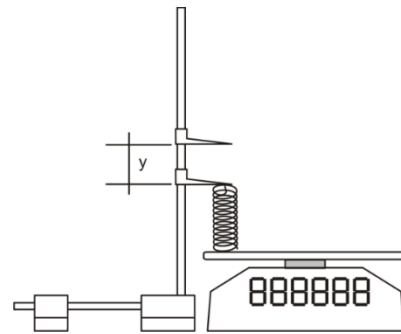
LK-3.5. Gesekan Kinetis

A. Tujuan percobaan

Menentukan koefisien gesekan kinetis

B. Alat dan bahan

- Bidang miring
- Pegas *heliks* tekan
- neraca
- Penggaris
- Busur derajat
- Troli atau balok

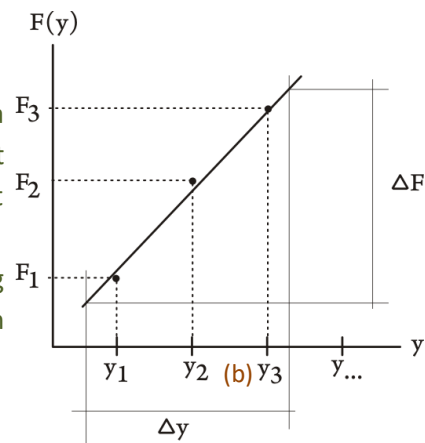


(a)

C. Prosedur

Lakukan pengukuran konstanta pegas heliks *k* dengan cara menekankan pegas di atas neraca digital sejauh x_1, x_2, x_3 , lihat Gambar a, lalu masukkan pada grafik $F(x)$ data tersebut lihat Gambar b.

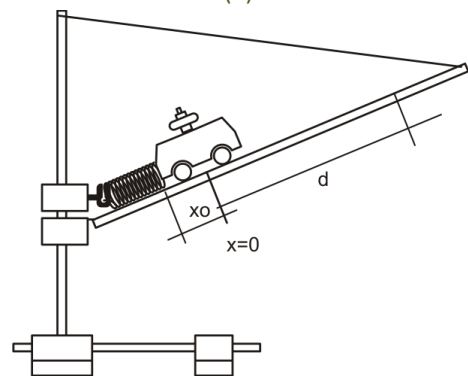
Selanjutnya, letakkan pegas dan troli/balok pada bidang miring seperti pada Gambar c. Tekan troli sejauh x_0 dan lepaskan. Ukur jarak troli *d* setelah pegas dilepas.



(b)

D. Hasil data pengamatan

- Konstanta pegas $k = \Delta F / \Delta x = \dots\dots\dots$
- Jarak $x_0 = \dots\dots\dots$
- Massa troli dan beban, $m = \dots\dots\dots$
- Sudut kemiringan $\theta = \dots\dots\dots$
- Ambil $g = 10.8 \text{ ms}^{-2}$
- Jarak $d = \dots\dots\dots$



(c)

E. Tugas

Silahkan buktikan persamaan Koefisien gesekan kinetik μ_k yang diperoleh diperoleh dari persamaan:

$$d = \frac{\frac{1}{2} kx^2}{mg(\mu_k \cos\theta + \sin\theta)} - x_0$$

Bagaimana kesimpulan dari hasil pengamatan Anda?

.....

.....



LK-3.6. Kerja Berpasangan

Anda Lakukan kajian berikut ini!

1. Sebuah balok dengan massa 2 kg diletakkan di atas meja yang mempunyai koefisien gesek statis dan kinetis 0,4 dan 0,2. Tentukan gaya gesek yang bekerja pada balok, jika balok ditarik gaya mendatar sebesar 4 N !
2. Dua balok A = 3 kg dan B = 5 kg dihubungkan tali dan diletakkan di atas lantai yang mempunyai koefisien gesek statis dan kinetis 0,2 dan 0,1. Jika balok B ditarik gaya 40 N dengan arah 60° terhadap bidang datar, maka tentukan tegangan tali antara balok A dan B.
3. Balok bermassa 200 gram yang mula-mula diam diberi gaya mendatar 1 N selama 10 sekon. Jika balok berada di atas lantai dengan koefisien gesek statis dan kinetis 0,2 dan 0,1, tentukan jarak yang ditempuh balok selama diberi gaya !
4. Dua balok A = 0,5 kg dan B = 2 kg ditumpuk, dengan balok A di atas dan balok B di bawah. Jika koefisien gesek statis dan kinetis antara balok A dan B adalah 0,2 dan 0,1, serta koefisien gesek statis dan kinetis antara balok B dengan lantai adalah 0,3 dan 0,1, maka tentukan gaya maksimum yang dapat digunakan untuk menarik B agar balok A tidak bergerak terjatuh dari atas balok B!

LK-3.7. Kerja Kelompok

Buatlah kelompok beranggotakan 5 orang, kemudian lakukan percobaan berikut bersama kelompok Anda!

1. **Menentukan koefisien gesek statis suatu benda pada sebuah permukaan.**

Petunjuk teknis :

Gunakan suatu benda yang dapat diubah-ubah massanya. Tariklah bahan tersebut pada sebuah permukaan dengan menggunakan dinamometer. Pada saat benda tepat akan bergerak, dinamometer akan menunjukkan nilai gaya gesek statis maksimumnya.

2. **Menggambarkan grafik hubungan gaya gesek statis dan kinetis**

Petunjuk teknis :

Gunakan suatu bahan, kemudian tariklah dengan dynamometer. Gambarkan dengan grafik besarnya gaya yang digunakan untuk menggerakkan benda dari keadaan diam hingga memiliki kecepatan tertentu.

3. **Diskusikan pengaruh adanya gesekan pada bidang miring! Jelaskan manfaat atau kerugian dengan adanya gaya gesek pada bidang miring! Sebutkan pula alat yang memanfaatkan gaya gesek dalam kehidupan sehari-hari!**



E. Latihan/Kasus/Tugas

a. Latihan Soal

Setelah mempelajari materi gesekan, silahkan Anda mencoba mengerjakan latihan soal secara mandiri selanjutnya diskusikan dalam kelompok. Kumpulkan hasil kerja tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan.

1. Pernyataan berikut berkaitan dengan gaya gesek:

- i. Gaya gesek selalu berlawanan arah dengan gerakan benda.
- ii. Dalam satu benda, gaya gesek statis maksimum selalu lebih besar dari gaya kinetis.
- iii. Gaya gesek statis suatu benda harganya bervariasi, tergantung dari gaya yang diberikan dari benda.
- iv. Gaya gesek selalu tidak menguntungkan.

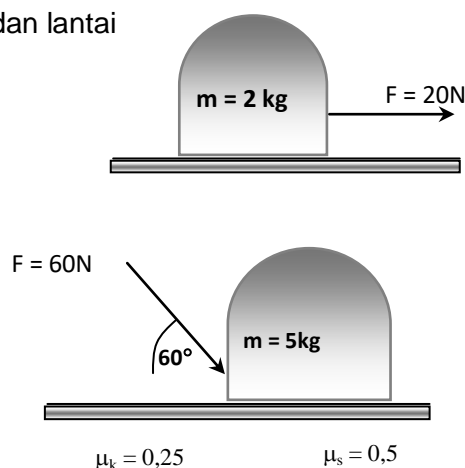
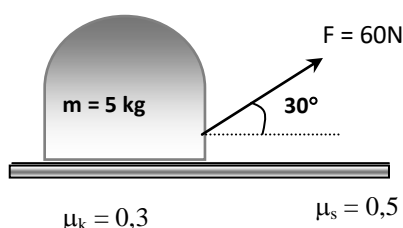
Dari pernyataan di atas yang benar adalah....

- A. i, ii, dan iii
- B. i, ii, dan iv
- C. i, iii, dan iv
- D. i dan iii
- E. ii dan iv

2. Sebuah kotak dengan massa 10 kg didorong dengan gaya 50 N pada bidang horizontal dan kasar sampai benda bergerak. Jika $\mu_s = 0,5$; $\mu_k = 0,3$ dan $g = 10 \text{ m/s}$, maka hitunglah: besar gaya gesek statis maksimum, gaya gesek kinetik dan percepatan benda.

3. Tentukan nilai besaran pada ketiga sistem benda berikut ini:

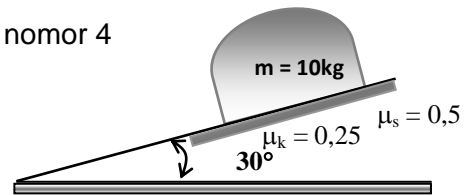
- a. Besar gaya normal antara benda dan lantai
- b. Besar gaya gesek maksimum antara benda dengan lantai
- c. Besar gaya gesek kinetik
- d. Percepatan benda





4. Gunakan gambar di samping untuk menyelesaikan soal nomor 4

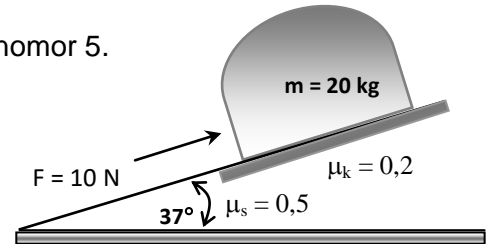
- Hitung besar gaya normal antara benda dengan bidang miring!
- Hitung gaya gesek statis maksimum benda terhadap bidang miring!



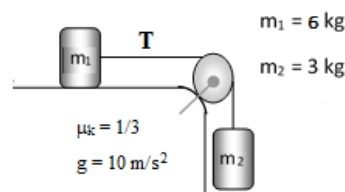
5. Gunakan gambar di samping untuk menyelesaikan soal nomor 5.

Hitunglah:

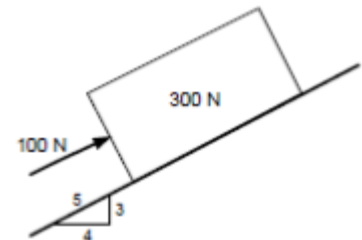
- Gaya gesek statis maksimum dan gaya gesek kinetik!
- Percepatan gerak benda jika benda bergerak!



6. Tentukan nilai tegangan tali T pada gambar di samping jika massa katrol diabaikan!

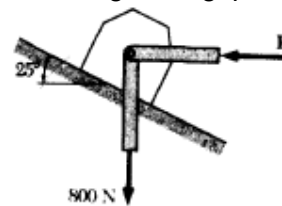


7. Gaya sebesar 100 N bekerja pada balok dengan berat 300 N yang ditempatkan di atas bidang datar miring. Koefisien gesekan antara balok dan bidang datar $\mu_s = 0,25$ dan $\mu_k = 0,20$. Tentukan apakah balok dalam keseimbangan dan hitung nilai gaya gesekan!

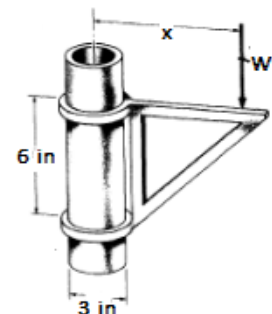


8. Sebuah balok penumpu diaktifkan oleh dua gaya seperti yang diperlihatkan pada gambar. Diketahui koefisien gesek antara balok dengan bidang miring $\mu_s = 0,35$ dan $\mu_k = 0,25$. Tentukan gaya P yang diperlukan:

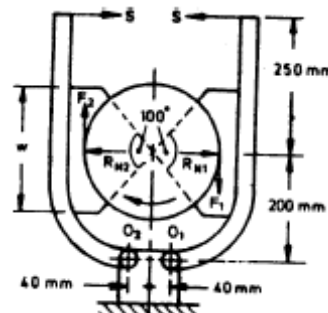
- Balok mulai bergerak ke atas bidang miring
- Menjaga balok tetap bergerak ke atas
- Menahan balok tidak meluncur ke bawah



9. Braket yang dapat bergerak ditempatkan dimanapun tingginya pada pipa diameter 3 in. Jika koefisien gesek statis (μ_s) antara pipa dan penopang (braket) 0,25, tentukan jarak minimum x dimana beban W dapat ditopang. Abaikan berat braket.



10. Rem blok ganda dapat digunakan untuk menyerap torsi 1400 N.m. diameter drum rem 350 mm dan sudut kontak setiap sepatu 100°. jika koefisien gesek antara drum dan lining 0,4. Hitung a) pegas yang diperlukan untuk operasional drum. b) lebar sepatu rem, jika $p = 0,3 \text{ N/mm}^2$.





b. Tugas Pengembangan Soal

Pada tugas pengembangan soal ini Anda diminta untuk membuat soal UN/USBN berdasarkan kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Soal yang dikembangkan disesuaikan dengan kurikulum yang digunakan oleh sekolah Anda (Kurikulum 2006 atau Kurikulum 2013) dengan materi sesuai dengan materi yang dibahas pada Kegiatan Pembelajaran 3 ini.

Prosedur Kerja

1. Pelajari kembali bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Instrumen Penilaian di Modul G Kelompok Kompetensi Pedagogik.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti pada Lampiran 2 dan 3
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format berikut pada Lampiran 4. (Sesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah anda).
4. Berdasarkan kisi-kisi di atas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
5. Kembangkan soal-soal level Higher Order of Thinking skill's HOTS
6. Bentuk soal yang dikembangkan berupa Pilihan Ganda (PG) dan essay, masing-masing 3 soal
7. Masing-masing soal dibuat dalam kartu soal seperti pada Lampiran 5 dan 6
8. Sebagai acuan pengembangan soal yang baik Anda dapat menelaah soal tersebut secara mandiri atau dengan teman sejawat dengan menggunakan instrumen telaah soal seperti terlampir pada Lampiran 7 dan 8.

F. Rangkuman

Misalkan Anda mendorong sebuah buku yang berada di atas meja, kemudian kita lepaskan. Buku itu akan bergerak, tapi kemudian berhenti. Menurut hukum II Newton, perubahan gerak ini tentulah disebabkan oleh adanya gaya yang arahnya berlawanan dengan arah gerak buku itu. Kalau gaya ini tidak ada, buku itu akan terus bergerak beraturan, menurut hukum I Newton. Gaya apakah yang mengubah gerak benda (buku) dari bergerak sampai berhenti? Gaya itu tentunya berasal dari gesekan antara benda yang satu (buku) dengan benda yang lain (meja). Gaya ini dikenal sebagai gaya gesekan. Penyelidikan yang teliti menunjukkan bahwa gaya gesekan sebanding dengan gaya normal yang menekan permukaan. Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, pernyataan di atas dapat ditulis:

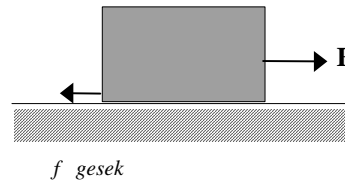


$$f_{gesek} = \mu N$$

Keterangan

μ : koefisien gesek bidang

N: gaya normal.



Misalkan Anda menarik sebuah balok yang berada pada keadaan diam dengan gaya F seperti pada gambar di atas. Ketika balok masih seimbang dan gaya yang kita berikan kecil, gaya gesekan statis itupun kecil. Makin besar gaya yang kita berikan, makin besar gaya gesekan statis itu, selama benda masih seimbang.

Jika gaya terus diperbesar, akhirnya keseimbangan benda hilang. Benda bergerak ke arah gaya yang kita berikan. Ini berarti bahwa gaya gesekan tidak dapat bertambah besar lagi. Gaya gesekan statis mencapai nilai maksimum. Nilai maksimum ini disebut gaya gesekan (statis) maksimum untuk kedua permukaan yang bergesekan. Pada saat gaya gesekan maksimum, maka benda pada saat tepat akan bergerak.

Ketika benda (balok) sudah bergerak, gaya gesekannya kecil daripada gaya gesekan maksimum. Karena itu dibedakan dua jenis gaya gesekan, yaitu *gesekan statis* (benda belum bergerak) dan *gesekan kinetis* (benda sedang bergerak).

Pada saat benda belum bergerak:

$$f_{gesek} = f_s < f_{s\ m}$$

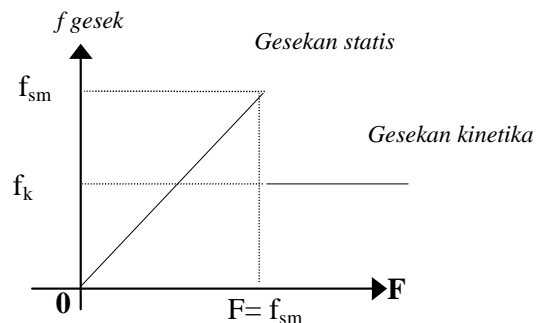
Pada saat benda tepat akan bergerak:

$$f_{gesek} = f_s = f_{s\ m} = \mu_s \cdot N$$

Pada saat benda sudah bergerak:

$$f_{gesek} = f_k = \mu_k \cdot N$$

Ini berarti : $f_s \leq f_{s\ m}$; $f_{s\ m} = \mu_s \cdot N$



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran 3 ini merupakan konsep dasar/esensial yang terdapat dalam keseluruhan materi *Gesekan*. Masih terdapat kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi. Untuk itu silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka.

Setelah menyelesaikan soal latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/ rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silahkan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan Pembelajaran 3 dengan kerja keras, kreatif, disiplin dan kerja sama.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

USAHA, DAYA DAN ENERGI

Seseorang dapat dikatakan enerjik, jika orang itu cekatan, lincah dan penuh ide-ide untuk melaksanakan sesuatu, dikatakan orang tersebut penuh energi. Di dalam kajian ilmu fisika dikenal berbagai macam energi seperti: energi mekanik, energi panas, energi listrik, energi kimia, energi suara, dan energi cahaya. Energi tersebut merupakan ciptaan Tuhan YME yang harus kita syukuri dengan cara memanfaatkan energi tersebut dengan benar dan bijak.



Gambar 4.1 Hukum kekekalan energi pada aktifitas memanah

Energi mekanik yang di dalamnya terkandung unsur energi kinetik dan energi potensial dapat Anda rasakan pada olah raga memanah. Busur yang terentang mengandung energi potensial. Ketika anak panah dilepaskan, energi potensial tersebut berubah menjadi energi kinetik yang dipakai anak panah untuk bergerak. Hukum kekekalan energi mekanik dipenuhi oleh anak panah selama bergerak. Energi dan usaha adalah besaran yang belum terukur waktunya. Daya sudah menyertakan kuantitas waktu karena daya adalah energi tiap satuan waktu.

Energi itu dapat berubah atau diubah dari suatu macam energi menjadi energi yang lain dan sebaliknya. Sebagai contoh, orang yang mengayuh sepeda, menimbulkan energi mekanik yang diterima oleh dinamo melalui roda sepeda. Energi mekanik dari dinamo diubah menjadi



energi listrik. Selanjutnya energi listrik berubah menjadi energi cahaya yang dapat menerangi jalan. Dengan demikian ternyata bahwa bermacam-macam energi dapat dipergunakan untuk tujuan-tujuan yang berguna.

Materi Usaha, daya dan energi merupakan materi fisika SMA, pada Kurikulum 2013 disajikan di kelas XI semester 1 dengan Kompetensi Dasar (KD) sebagai berikut KD dari Kompetensi Inti 3 (KI 3) **Aspek Pengetahuan:** 3.3 *Menganalisis konsep energi, usaha, hubungan usaha dan perubahan energi, dan hukum kekekalan energi untuk menyelesaikan permasalahan gerak dalam kejadian sehari-hari.* KD dari KI 4 **Aspek Keterampilan:** 4.3 *Memecahkan masalah dengan menggunakan metode ilmiah terkait dengan konsep gaya, dan kekekalan energi*

Kompetensi guru yang akan dikembangkan pada diklat PKB tingkat 3 untuk materi Usaha, Daya dan Energi adalah: “20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika, serta penerapannya secara fleksibel”, dengan sub kompetensi “Menjabarkan konsep dan teori Energi kinetik dan energi potensial (gravitasi dan pegas), Konsep usaha, Hubungan usaha dan energi kinetik, Hubungan usaha dengan energi potensial, Hukum kekekalan energi mekanik” Kompetensi ini dapat dicapai jika guru belajar materi ini dengan kerja keras, profesional, kreatif dalam melakukan tugas sesuai instruksi pada bagian aktivitas belajar yang tersedia, disiplin dalam mengikuti tahap-tahap belajar serta bertanggung jawab dalam membuat laporan atau hasil kerja.

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

1. memahami konsep usaha, daya dan energi melalui kajian materi
2. terampil melakukan berbagai praktik laboratorium/percobaan untuk memahami hubungan usaha, daya dan energi secara teliti
3. memahami konsep usaha, daya dan energi melalui pengolahan data hasil percobaan
4. menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan permasalahan usaha, daya dan energi

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dapat Anda capai adalah mampu:

1. menjabarkan konsep usaha
2. menganalisis teorema usaha-energi
3. menghitung daya dalam aplikasi kehidupan
4. membedakan gaya konservatif dan gaya *nonkonservatif*



5. menghitung energi potensial pada medan gravitasi bumi
6. menghitung energi mekanik benda yang dikenai gaya *konservatif* maupun gaya *nonkonservatif*
7. menguraikan konsep usaha dan energi pada pegas.
8. menghitung besarnya usaha dan energi dalam berbagai persoalan

C. Uraian Materi

Usaha dalam pengertian sehari-hari berarti upaya untuk mencapai sesuatu tujuan, misalnya usaha untuk lulus Uji kompetensi, usaha untuk mendapatkan sertifikasi, dan sebagainya. Tetapi usaha yang dimaksud dalam fisika bukanlah usaha seperti itu.

Usaha dan energi merupakan satu kesatuan konsep yang paling penting dalam fisika dan memainkan peranan yang penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Usaha dilakukan pada suatu benda oleh sebuah gaya hanya bila titik tangkap gaya itu bergerak melewati suatu jarak dan ada komponen gaya sepanjang lintasan geraknya.

Keterkaitan antara usaha dan energi adalah konsep energi yang tidak lain merupakan kemampuan melakukan usaha. Jika usaha dilakukan oleh suatu sistem pada sistem lain, energi dipindahkan (*transfer energi*) antara kedua sistem tersebut. Sebagai contoh adalah ketika Anda mendorong sebuah balok kayu pada sebuah permukaan, usaha yang Anda lakukan sebagian menjadi energi gerak lurus, yang dinamakan energi kinetiknya dan sebagian menjadi energi termal (panas) yang muncul dari gesekan antara balok kayu dengan permukaan. Pada saat yang sama ketika Anda mendorong balok kayu, energi internal tubuh Anda akan berkurang. Hasil *netto* adalah perpindahan energi internal tubuh Anda melalui gaya (dorongan tangan Anda) menjadi energi kinetik eksternal balok kayu ditambah energi termal.

Salah satu prinsip yang paling penting dalam sains adalah kekekalan energi. Energi total sebuah sistem dan lingkungannya tidak berubah. Bila energi sistem berkurang, maka selalu ada penambahan energi yang terkait dengan lingkungannya atau sistem lain.

Dalam kegiatan Pembelajaran 4 kali ini, Anda akan mendalami konsep usaha, energi kinetik, energi potensial dan daya, serta kita akan melihat bagaimana menggunakan hukum kekekalan energi untuk memecahkan berbagai soal/kasus.

1. Usaha

Bahan bakar kendaraan lama kelamaan akan habis selama menempuh perjalanan. Bahan bakar tersebut diubah menjadi energi, yang kemudian digunakan oleh mesin kendaraan untuk bergerak. Posisi kendaraan bisa berpindah karena mesin melaku -



kan gaya. Dari penjelasan tersebut tampak adanya keterkaitan antara gaya dan usaha dan memang usaha dan gaya dihubungkan oleh persamaan:

$$W = \int_{r_1}^{r_2} F \cdot dr \quad (4.1)$$

dengan \vec{r}_1 dan \vec{r}_2 masing-masing adalah posisi awal dan posisi akhir benda. Di samping bergantung pada \vec{r}_1 dan \vec{r}_2 , integral (4.1) juga bergantung kepada lintasan. Walaupun \vec{r}_1 dan \vec{r}_2 sama, bisa saja usaha yang dilakukan berbeda jika lintasan yang ditempuh berbeda.

Pesamaan (4.1) adalah ungkapan umum untuk usaha yang dapat diterapkan pada bentuk gaya apa saja dan lintasan apa saja. Untuk kasus khusus di mana besarnya gaya serta sudut antara gaya dan arah perpindahan yang *konstan* (tetap) maka persamaan (4.1) dapat disederhanakan menjadi

$$\begin{aligned} W &= \int_{r_1}^{r_2} F \cdot dr \cos \theta \\ &= F \cos \theta \int_{r_1}^{r_2} dr = F \cos \theta s \end{aligned} \quad (4.2)$$

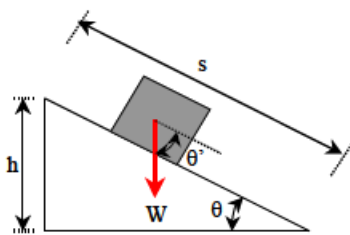
dengan s adalah panjang lintasan (jauh perpindahan benda). Contoh sederhana kasus seperti ini adalah benda yang diletakkan pada bidang miring seperti pada Gambar.4.2. Tampak dari persamaan (4.2) bahwa meskipun pada sebuah benda bekerja gaya, namun jika benda tidak berpindah maka usaha yang dilakukan nol.

Jika gaya dan perpindahan tegak lurus maka usaha yang dilakukan juga nol ($\cos \theta = 0$). Jika kalian memikul benda lalu berjalan di jalan yang mendatar, kalian tidak melakukan usaha. Walaupun pundak kalian melakukan gaya, dan kalian melakukan perpindahan (berjalan), tetapi arah gaya yang dilakukan pundak (ke atas) tegak lurus arah perpindahan (arah mendatar). Anda melakukan usaha saat mengangkat beban dari posisi duduk ke posisi berdiri.



Karakter Mandiri

Usaha adalah hasil kali gaya Anda dan perpindahan yang Anda capai. Seberapa besar pun gaya yang Anda berikan, namun bila Anda tidak semakin maju, maka usaha Anda adalah nol. Namun dengan bekerja keras (etos kerja), usaha anda akan mencapai hasil yang diharapkan



Gambar 4.2. Gaya melakukan usaha ketika memindahkan sebuah benda

Pada saat ini arah perpindahan (ke atas) sama dengan arah gaya (ke atas). Hal yang sama terjadi pada satelit yang mengitari bumi. Gaya gravitasi bumi tidak melakukan usaha pada satelit yang mengelilingi bumi dalam orbit lingkaran karena arah gaya (ke pusat lingkaran) selalu tegak lurus arah perpindahan satelit (menyinggung lingkaran).



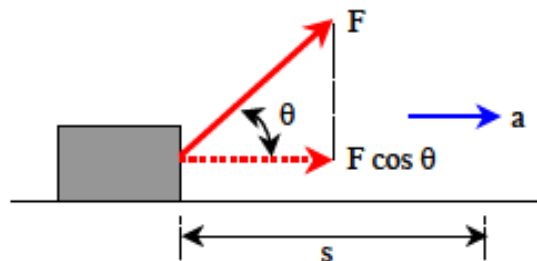
Usaha terbesar yang dilakukan oleh sebuah gaya muncul ketika arah perpindahan dan arah gaya sama. Untuk jarak perpindahan yang sama, usaha yang dilakukan gaya gravitasi bumi pada benda yang jatuh arah vertikal lebih besar daripada usaha yang dilakukan pada benda yang jatuhnya tidak vertikal. Arah perpindahan benda yang jatuh vertikal sama dengan arah gaya gravitasi bumi, sedangkan arah perpindahan benda yang jatuhnya tidak vertikal tidak searah gaya gravitasi bumi.

2. Teorema Usaha Energi

Misalkan sebuah benda mula-mula memiliki laju v_1 . Pada benda dikenai gaya sehingga benda berpindah sejauh tertentu. Karena ada gaya yang bekerja maka benda memiliki percepatan (ingat hukum Newton II) sehingga kecepatan benda berubah. Anda akan menurunkan teorema usaha energi mulai dari kasus yang paling khusus yaitu gaya konstan

a. Penurunan Untuk Percepatan Konstan

Misalkan benda ditarik dengan gaya F yang konstan dan benda berpindah sejauh s dalam arah yang membentuk sudut θ terhadap arah gaya. Lihat Gambar.4.2!



Gambar 4.3. Komponen gaya pada arah mendatar

Usaha yang dilakukan gaya tersebut adalah $W = F s \cos \theta$

Komponen gaya yang menghasilkan percepatan hanya komponen arah orizontal sebesar $F \cos \theta$. Maka percepatan benda dalam arah horizontal adalah

$$a = \frac{F \cos \theta}{m} \quad (4.3)$$

Untuk gerak dengan percepatan tetap, laju benda setelah berpindah sejauh s memenuhi:

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

atau

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \frac{F \cos \theta}{m} s$$

Jika dua ruas dikalikan dengan $m/2$ maka diperoleh:

$$\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = F s \cos \theta \quad (4.4)$$



Ruas kanan tidak lain daripada kerja yang dilakukan gaya. Dengan mendefinisikan energi kinetik sebagai,

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.5)$$

maka diperoleh suatu rumus yang umum:

$$W = \Delta Ek = Ek_2 - Ek_1 \quad (4.6)$$

Keterangan

Ek_1 : energi kinetik mula-mula

Ek_2 : energi kinetik akhir benda

W : usaha yang dilakukan gaya

Persamaan (4.6) menyatakan **prinsip usaha energi**

Kerja yang dilakukan oleh suatu gaya = Perubahan energi kinetik benda.

b. Penurunan untuk Gaya Sebarang

Penurunan persamaan (4.6) telah Anda lakukan dengan menganggap bahwa besar gaya konstan serta arah gaya dan perpindahan juga konstan. Apakah Anda jumpai juga bentuk yang sama untuk arah gaya sembarang serta arah perpindahan yang sembarang? Silahkan Anda turunkan untuk kasus yang lebih umum. Anda dapat memulai dari ungkapan umum untuk kerja seperti pada persamaan (4.1)

$$W = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

Anda gunakan hukum Newton II untuk mengganti ungkapan gaya dengan percepatan dengan menganggap bahwa massa benda tidak berubah, yaitu $F=ma$. Artinya disini Anda meninjau F sebagai gaya total, dengan demikian:

$$W = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} (m\vec{a}) \cdot d\vec{r} = m \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{a} \cdot d\vec{r} \quad (4.7)$$

tetapi

$$\vec{a} = d\vec{v}/dt$$

dan Anda dapat menulis

$$\vec{a} \cdot d\vec{r} = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{r} = d\vec{v} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = d\vec{v} \cdot \vec{v}$$

Kita ingat sifat perkalian skalar dua vektor yang sama yaitu:

$$v \cdot v = v^2.$$

Jika Anda diferensialkan terhadap waktu ke dua ruas ini maka:

$$\frac{d(v^2)}{dt} = \frac{d(v \cdot v)}{dt}$$

dengan menggunakan aturan diferensial parsial maka:

$$\frac{d(v \cdot v)}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{v} + \vec{v} \cdot \frac{dv}{dt} = 2\vec{v} \cdot \frac{dv}{dt}$$



dengan demikian diperoleh:

$$\frac{d(v^2)}{dt} = 2\vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}$$

atau

$$d(v^2) = 2\vec{v} \cdot d\vec{v}$$

akhirnya Anda dapat menulis

$$\vec{a} \cdot d\vec{r} = \frac{1}{2} d(v^2) \quad (4.8)$$

Substitusi persamaan (4.8) ke dalam persamaan (4.7) kemudian mengganti batas integral posisi dari \vec{r}_1 sampai \vec{r}_2 menjadi batas integral laju dari v_1 sampai v_2 diperoleh kerja yang dilakukan gaya menjadi

$$\begin{aligned} W &= m \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2} d(v^2) = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) \\ &= Ek_2 - Ek_1 \end{aligned}$$

yang persis seperti persamaan (4.6).

Prinsip usaha energi dapat membantu dalam beberapa hal. Seringkali gaya yang bekerja pada benda sulit ditentukan. Lalu bagaimana bisa menentukan kerja yang dilakukan gaya tersebut? Caranya adalah dengan mengukur berapa energi kinetik awal dan akhir benda. Selisih energi kinetik tersebut (*energi kinetik akhir kurang energi kinetik awal*) merupakan usaha yang dilakukan gaya.

3. Daya

Terdapat gaya yang dapat melakukan usaha yang besarnya tertentu dalam waktu sangat lama, namun ada gaya lain yang dapat menghasilkan usaha yang sama dalam waktu yang sangat cepat. Maka untuk membedakan gaya dengan kemampuan menghasilkan energi yang cepat dan lambat tersebut, didefinisikan suatu besaran yang disebut **daya**. Daya didefinisikan sebagai.

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (4.9)$$

dengan P daya (satunya **watt** dan disingkat **W**). Dari persamaan (4.1) di diperoleh

$$\begin{aligned} dW &= \vec{F} \cdot d\vec{r}, \text{ dengan demikian} \\ P &= \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} \end{aligned} \quad (4.10)$$



Karakter Mandiri

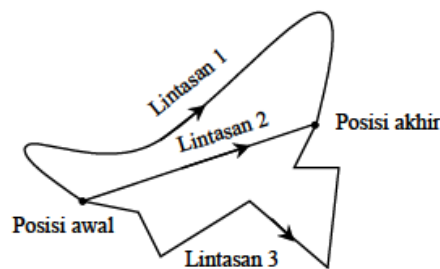
Profesionalitas dapat ditunjukkan salah satunya dari kinerja yang efektif dan efisien. Efektifitas terkait dengan singkatnya waktu yang diperlukan untuk menghasilkan produktifitas yang tinggi. Konsep daya mengajarkan kepada kita agar memiliki kemampuan efektif untuk mencapai prestasi yang diharapkan



4. Gaya Konservatif

Usaha yang dilakukan oleh gaya untuk memindahkan benda umumnya bergantung kepada lintasan yang ditempuh. Benda lintasan umumnya menghasilkan usaha yang berbeda meskipun posisi awal dan akhir sama. Namun ada jenis gaya, di mana usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut sama sekali tidak bergantung pada lintasan yang ditempuh. Usaha yang dilakukan gaya semata-mata bergantung pada posisi awal dan posisi akhir benda. Gaya yang memiliki sifat demikian disebut **gaya konservatif**. Contoh gaya konservatif adalah:

- 1) Gaya gravitasi : $F(r) = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- 2) Gaya listrik (*Coloumb*) : $F(r) = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$
- 3) Gaya pegas (*Hooke*) : $F(x) = -kx$
- 4) Gaya antar molekul : $F(r) = -\frac{6A}{r^7} + \frac{12B}{r^{13}}$



Gambar 4.4 Lintasan mana pun yang ditempuh benda, apakah lintasan 1, lintasan 2, atau lintasan 3, usaha yang dilakukan gaya konservatif untuk memindahkan benda dari posisi awal ke posisi akhir sama.

Gaya yang tidak memenuhi sifat di atas kita kelompokkan sebagai gaya **non konservatif**. Contoh gaya non konservatif adalah gaya gesekan, gaya tumbukan dua benda ketika proses tumbukan menghasilkan panas.

Jika benda dikenai gaya konservatif lalu benda berpindah dan kembali ke posisi semula maka usaha total yang dilakukan gaya tersebut nol. Ketika benda dilempar ke atas maka selama benda bergerak ke atas gaya gravitasi (konservatif) melakukan usaha negatif. Saat benda turun kembali ke tempat pelemparan, usaha yang dilakukan gaya gravitasi positif.

Usaha yang dilakukan gaya gravitasi saat benda bergerak sampai puncak lintasan (negatif) persis sama besar dengan usaha yang dilakukan gaya gravitasi saat benda turun dari posisi tertinggi kembali ke tempat pelemparan (positif), hanya tandanya berlawanan. Usaha total yang dilakukan gaya gravitasi untuk memindahkan benda dari tempat pelemparan ke posisi maksimum dan kembali lagi ke tempat pelemparan adalah nol. Contohnya adalah ketika planet melingkupi satu revolusi mengelilingi matahari



maka usaha yang dilakukan gaya gravitasi planet adalah nol. Akibatnya, kecepatan planet tetap seperti semula.

5. Energi Potensial

Karena usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif hanya bergantung pada posisi awal dan akhir maka Anda akan mudah jika mendefinisikan suatu besaran yang namanya **energi potensial**. Di setiap titik dalam ruang yang mengandung medan konservatif (artinya apabila benda diletakkan dalam suatu titik dalam ruang tersebut maka benda mengalami gaya konservatif) maka ada energi potensial yang bergantung pada posisi dan massa benda. Energi potensial didefinisikan sebagai berikut.

Usaha yang dilakukan gaya konservatif untuk memindahkan benda dari posisi awal ke posisi akhir sama dengan negatif selisih energi potensial akhir dan awal.

Misalkan benda berada mula-mula berada pada posisi \vec{r}_1 dan berpindah ke posisi \vec{r}_2

- Energi potensial saat di posisi \vec{r}_1 : $U(\vec{r}_1)$
- Energi potensial saat di posisi \vec{r}_2 : $U(\vec{r}_2)$
- Perubahan energi potensial : $\Delta U = U(\vec{r}_2) - U(\vec{r}_1)$
- Usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif : W_{12}

berdasarkan definisi di atas maka: $W_{12} = -\Delta U$ (4.11)

a. Energi Potensial Gravitasi di Sekitar Permukaan Bumi

Gaya gravitasi bumi termasuk gaya konservatif. Dengan demikian Anda dapat mendefinisikan energi potensial gravitasi, berikut merupakan penurunan energi potensial gravitasi di sekitar permukaan bumi. Anda batasi pada daerah di sekitar permukaan bumi karena di daerah tersebut percepatan gravitasi dapat dianggap konstan.

- 1) Misalkan sebuah benda berpindah secara vertikal dari ketinggian h_1 ke ketinggian h_2 .
- 2) Gaya gravitasi yang bekerja pada benda adalah: $W = -mg$ (arah ke atas kita ambil positif sehingga gaya gravitasi diberi tanda negatif)
- 3) Perpindahan benda adalah: $\Delta h = h_2 - h_1$

Usaha yang dilakukan gaya gravitasi bumi:

$$W_g = W\Delta h = -mg(h_2 - h_1) = -mgh_2 - (-mgh_1) \quad (4.12)$$

Karena kerja oleh gaya konservatif sama dengan selisih energi potensial maka kita dapat juga menulis:

$$W_g = \Delta U = -(U_2 - U_1) = -U_2 - (-U_1) \quad (4.13)$$



Dengan membandingkan persamaan (10.12) dan (10.13) kita dapat mendefinisikan energi potensial gravitasi di sekitar permukaan bumi adalah:

$$U = mgh \quad (4.14)$$

b. Bentuk Umum Energi Potensial Gravitasi

Energi potensial gravitasi yang diungkapkan oleh persamaan (4.14) hanya benar jika lokasi benda berada di sekitar permukaan bumi di mana percepatan gravitasi bumi dapat dianggap konstan pada berbadai titik. Namun, jika benda bergerak hingga pada jarak yang jauh dari bumi, maka persamaan (4.14) tidak berlaku. Oleh karena itu kita perlu menentukan ungkapan energi potensial gravitasi yang lebih umum. Gaya gravitasi bumi yang bekerja pada benda yang memiliki massa m adalah:

$$\vec{F} = -G \frac{M_B m}{r^2} \hat{r} \quad (4.15)$$

dengan G konstanta gravitasi universal, M_B massa bumi, r jarak benda dari pusat bumi dan \hat{r} vektor satuan yang searah dengan jari-jari bumi. Tanda negatif menunjukkan bahwa arah gaya gravitasi bumi mengarah ke pusat bumi, yaitu berlawanan dengan arah \hat{r} yang keluar menjauhi bumi. Berdasarkan definisi usaha, kita dapat menulis usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi bumi untuk memindahkan benda dari posisi \vec{r}_1 ke posisi \vec{r}_2 adalah $W = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$

dengan menggunakan definisi energi potensial, usaha tersebut sama dengan negatif perubahan energi potensial, atau:

$$W = -\Delta U = -[U(\vec{r}_2) - U(\vec{r}_1)]$$

Dari dua persamaan di atas dapat ditulis

$$U(\vec{r}_2) - U(\vec{r}_1) = - \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (4.16)$$

Lebih khusus, jika kita pilih \vec{r}_1 sebagai posisi referensi, yaitu \vec{r}_{ref} dan \vec{r}_2 adalah posisi sembarang, yaitu \vec{r} saja maka persamaan (10.16) dapat ditulis menjadi:

$$\begin{aligned} U(\vec{r}) - U(\vec{r}_{ref}) &= - \int_{\vec{r}_{ref}}^{\vec{r}} \vec{F} \cdot d\vec{r} \\ &= - \int_{\vec{r}_{ref}}^{\vec{r}} \left(-G \frac{M_B m}{r^2} \hat{r} \right) \cdot d\vec{r} \\ &= -GM_B m \int_{\vec{r}_{ref}}^{\vec{r}} \frac{dr}{r^2} = GM_B m \left[-\frac{1}{r} \right]_{\vec{r}_{ref}}^{\vec{r}} = GM_B m \left(\frac{1}{r_{ref}} - \frac{1}{r} \right) \end{aligned} \quad (4.17)$$

Jika kita memilih bahwa titik referensi berada pada jarak tak berhingga dan nilai potensial di posisi referensi tersebut diambil sama dengan nol maka

$$U(\vec{r}) - 0 = GM_B m \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{r} \right)$$



yang memberikan energi potensial pada sembarang jarak dari pusat bumi adalah:

$$U(\vec{r}) = - \frac{GM_B m}{r} \quad (4.18)$$

6. Energi Mekanik

Pada teorema usaha energi, gaya yang bekerja pada benda yang mengubah energi kinetik adalah semua jenis gaya, baik yang konservatif maupun yang non konservatif. Kita telah memperoleh rumus umum $W = \Delta K$. Anda dapat memisahkan kerja yang dilakukan oleh gaya konservatif dan non konservatif dan menulis W sebagai berikut

$$W = W_{kons} + W_{non-kons} \quad (4.19)$$

Tetapi, berdasarkan persamaan (4.11),

$$W_{kons} = -\Delta U,$$

sehingga persamaan (4.19) dapat ditulis sebagai

$$W = \Delta U + W_{non-kons} \quad (4.20)$$

atau

$$W_{non-kons} = \Delta U + \Delta K = (U_2 - U_1) + (K_2 - K_1) = (U_2 + K_2) - (U_1 + K_1) \quad (4.21)$$

Kita definisikan besaran yang namanya energi mekanik

$$EM = U + K \quad (4.22)$$

sehingga kita dapat menulis persamaan (4.21) sebagai

$$W_{non-kons} = EM_2 - EM_1, \text{ atau}$$

$$W_{non-kons} = \Delta EM \quad (4.23)$$

Persamaan menyatakan bahwa:

Usaha yang dilakukan oleh gaya non konservatif = Perubahan energi mekanik benda

a. Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Suatu kasus menarik muncul jika pada benda hanya bekerja gaya konservatif dan tidak ada gaya non-konservatif.

Dalam kondisi demikian maka:

$W_{non-kons} = \Delta EM$, sehingga berdasarkan persamaan (4.23):

$$\Delta EM = 0$$

atau

$$EM_1 = EM_2 \quad (4.24)$$

Hubungan ini adalah ungkapan dari hukum kekekalan energi mekanik.

Jika tidak ada gaya non-konservatif yang bekerja pada benda maka energi benda kekal.



Karakter Integritas

Hukum Kekekalan Energi Mekanik menggambarkan bahwa dalam mewujudkan impian, Anda hanya memiliki dua pilihan: terus melakukan gerak atau tetap diam. Semakin besar energi gerak Anda, ke'diaman' Anda akan berkurang. Lakukan dengan penuh tanggung jawab dan bukan menunggu!



7. Usaha oleh gaya pegas

Berdasarkan hukum Hooke, gaya yang dilakukan oleh pegas ketika pegas menyimpang sejauh x dari titik seimbang adalah:

$$F = -kx$$

Usaha yang dilakukan oleh pegas ketika menyimpang dari posisi seimbang $x = 0$ ke posisi sembarang x yang sembarang adalah:

$$W = \int_0^x F dx$$

Gaya pegas merupakan gaya konservatif, maka usaha yang dilakukan gaya pegas merupakan "**negatif selisih energi potensial pegas**", yaitu:

$$-\Delta U = \int_0^x F dx, \text{ atau}$$

$$-[U(x) - U(0)] = \int_0^x (-kx) dx, \text{ atau}$$

$$-U(x) - U(0) = \frac{1}{2}k \int_0^x x dx = \frac{1}{2}k [x^2]_0^x = \frac{1}{2}kx^2$$

Dengan memilih energi potensial nol pada titik seimbang maka diperoleh energi potensial pegas pada sembarang penyimpangan adalah:

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$$



Karakter Integritas

Sadar ataupun tidak sadar, Anda telah dianugerahkan potensi dalam diri Anda. Tingkatkan bobot tekad dan "usaha" Anda, maka Anda akan memperoleh energi yang luar biasa besarnya (pangkat 2).

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang Usaha, Energi dan Daya, Anda dapat melakukan kegiatan *eksperimen* dan *non eksperimen* baik secara individu maupun berkelompok yang petunjuknya disajikan dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan percobaan, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Lakukan percobaan dengan disiplin ikuti aturan bekerja di laboratorium. Selanjutnya perwakilan peserta mempresentasikan hasil percobaan, peserta lain menyimak presentasi dengan cermat dan serius sebagai penghargaan kepada pembicara. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.



Kegiatan 1: Menjabarkan *Konsep Usaha*



Langkah-langkah

- Silahkan, Anda lakukan percobaan sesuai Lembar kerja (LK – 4.1) berikut ini.

Usaha pada Bidang Datar

I. Tujuan

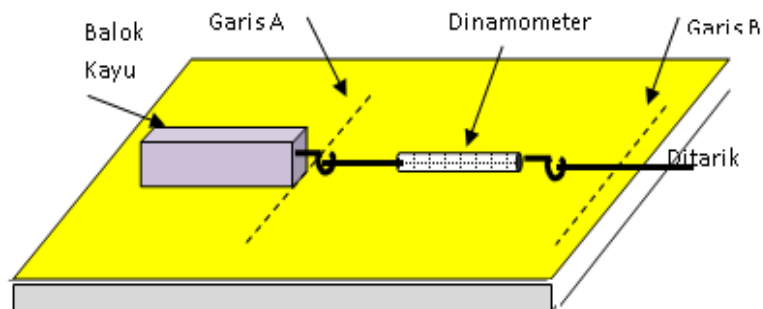
Menyelidiki hubungan usaha pada bidang datar

II. Alat dan Bahan

- Balok kecil
- Balok besar
- Penggaris
- Dinamometer
- Timbangan

III. Langkah Percobaan

- Timbang massa dari balok kayu yang tersedia.
- Rangkailah alat seperti gambar di berikut ini.



- Buat garis A sebagai acuan awal balok mulai bergerak (seperti pada gambar di atas)
- Tariklah dinamometer sampai garis B dengan jarak sebesar **20 cm, 30 cm** dan **50 cm**
- Catat hasil pengamatan pada tabel 1

Tabel 1

No	Massa Balok Besar (Kilogram)	Gaya (Newton)	Jarak (meter)	Usaha (Joule)
1				
2				
3				



6. Ganti balok besar dengan balok kecil
7. Lakukan percobaan seperti langkah 2 sampai 4.
8. Catat hasil pengamatan pada tabel 2.

Tabel 2

No	Massa Balok Kecil (Kilogram)	Gaya (Newton)	Jarak (meter)	Usaha (Joule)
1				
2				
3				

IV. Pertanyaan

1. Dari percobaan yang telah dilakukan dapatkah Anda membandingkan tarikan ketika menggunakan balok besar dan balok yang kecil ?
2. Bagaimana penunjukkan skala pada dinamometer terhadap kedua balok tersebut ?
3. Apa hubungan antara massa balok dengan gaya yang dikerjakan pada balok tersebut ?
4. Bagaimana nilai usaha yang Anda hitung dari hasil percobaan dalam tabel 1 dan 2 ?
5. Bila mana suatu benda dikatakan tidak melakukan usaha ?

V. Kesimpulan Percobaan

.....

.....

.....

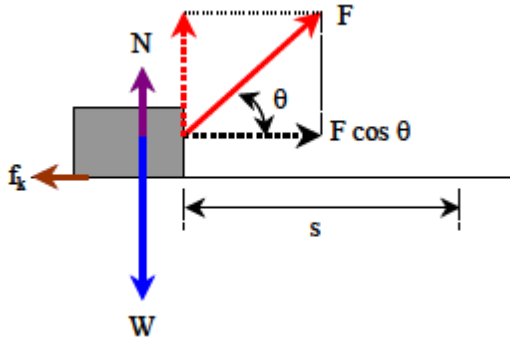
2. Setelah tuntas mengerjakan LK-4.1, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal konsep usaha (soal 4.1) berikut ini!

Soal 4.1

Sebuah balok yang bermassa 10 kg berada di atas bidang datar dengan koefisien gesekan kinetik 0,2. Benda tersebut ditarik dengan gaya 60 N yang membentuk sudut $\theta = 60^\circ$ terhadap arah horisontal. Jika benda berpindah sejauh 20 m dalam arah horisontal berapakah usaha yang dilakukan gaya tersebut dan berapa usaha yang dilakukan gaya gesekan?



Langkah Penyelesaian

Objek/fenomena	Deskripsikan!
 <p style="text-align: center;">Gambar soal 1.1</p>	

Usaha yang dilakukan oleh gaya penarik

$$\begin{aligned}
 W &= F s \cos \theta \\
 &= \dots \times \dots \times \cos \dots \\
 &= \dots \text{ J}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan usaha yang dilakukan gaya gesekan, terlebih dahulu kita menentukan besar gesekan. Untuk membantu menentukan gaya gesekan, perhatikan *Gambar soal 1.1*. Tampak dari gambar tersebut bahwa:

$$\dots + F \sin \theta = W$$

atau

$$\begin{aligned}
 N &= \dots - F \sin \theta \\
 &= \dots - F \sin \theta \\
 &= (\dots \times \dots) - (\dots \times \dots) = \dots \text{ N}
 \end{aligned}$$

Besar gaya gesekan kinetik adalah

$$\begin{aligned}
 f_k &= \mu_k \times \dots \\
 &= \dots \times 70 = \dots \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya gesekan selalu dengan arah perpindahan, sehingga sudut antara keduanya adalah $\theta' = \dots^\circ$.

Usaha yang dilakukan gaya gesekan kinetik

$$\begin{aligned}
 W_k &= \dots \times s \times \cos \theta \\
 &= \dots \times \dots \times \cos \dots \\
 &= \dots \times \dots \times (-1) \\
 &= \dots \text{ J}
 \end{aligned}$$



3. Silahkan, Anda lakukan percobaan sesuai Lembar kerja (LK – 4.2) berikut ini.

Usaha pada Bidang Miring

I. Tujuan

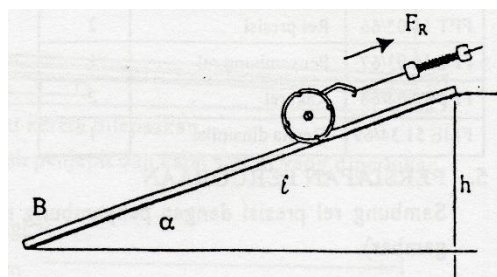
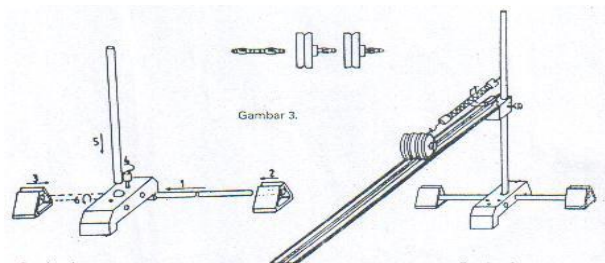
Menyelidiki hubungan usaha pada bidang miring

II. Alat dan Bahan

• Dasar statif	1 buah	• Beban 50 gram	2 buah
• Kaki statif	2 buah	• Dinamometer 3,0 N	1 buah
• Batang statif pendek	1 buah	• Jepit penahan	1 buah
• Batang statif panjang	1 buah	• Katrol kecil diameter 50 mm	2 buah
• Balok pendukung	1 buah	• Steker perangkai	1 buah
• Penggaris logam	1 buah	• Bidang miring	1 buah

III. Langkah Percobaan

1. Pasang balok pendukung (terbalik) pada batang statif.
2. Rakit bidang miring pada balok pendukung dengan menggunakan jepitan penahan.
3. Gabungkan dua buah katrol kecil dengan menggunakan steker perangkai.
4. Gantung katrol dengan Dinamometer.
5. Tentukan berat (F_w) kedua katrol+steker perangkai ($F_w = m \cdot g$). Catat hasil pengamatan pada tabel.
6. Kaitkan katrol pada Dinamometer dan letakkan di atas bidang miring.
7. Atur ketinggian bidang miring ($h = 10$ cm).
8. Amati gaya yang terjadi (F_R) pada dinamometer dan catat hasilnya pada tabel.
9. Lepaskan Dinamometer dari katrol, dan letakkan katrol di atas bidang miring yang paling atas (ketinggian di atas bidang horizontal $h = 10$ cm).
10. Lepaskan katrol agar menggelincir di atas bidang miring hingga sampai pada bidang horizontal dititik b seperti pada gambar berikut ini.





11. Hitung usaha: $W = F_R \times L$ dan $F_W \times h$ kemudian masukkan dalam tabel.
12. Ulangi langkah 7 sampai 11, dengan mengubah ketinggian bidang miring (h) sesuai dengan tabel di bawah.
13. Ulangi langkah 6 sampai 12 setelah menambah dua beban pada katrol.

Tabel 1 : katrol tambahan beban

0,1				
0,2				
0,3				
0,4				

Tabel 2 : katrol dengan beban

0,1				
0,2				
0,3				
0,4				

IV. Pertanyaan

1. Bagaimanakah besar $F_W \times h$ dengan $F_R \times L$?
2. Apa fungsi bidang miring?

V. Kesimpulan Percobaan

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

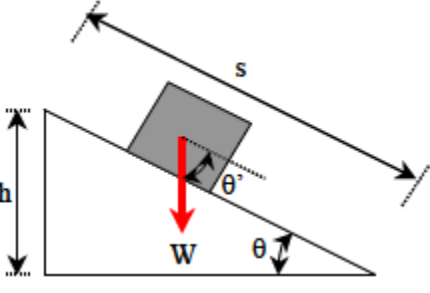
4. Setelah tuntas mengerjakan LK – 4.2, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal konsep usaha (soal 4.2) berikut ini!

Soal 4.2

Sebuah benda meluncur pada bidang miring yang memiliki kemiringan 30° . Ketinggian salah satu ujung bidang miring terhadap ujung yang lain adalah 2 m. Massa benda adalah 2,5 kg dan koefisien gesekan kinetik antara benda dan bidang adalah 0,25. Berapa usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi ketika benda bergerak dari ujung atas ke ujung bawah bidang miring?



Langkah Penyelesaian

Objek/fenomena	Gambarkan komponen gaya yang bekerja!
	

Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi oleh adanya gaya gesekan benda dengan bidang Tampak dari *Gambar soal 4.2* bahwa besar perpindahan benda s memenuhi:

...../..... = $\sin \theta$,

atau

$s = \dots\dots$

$= \dots\dots$

$= \dots\dots \text{m}$

Besar gaya gravitasi (berat benda) adalah:

$F = \dots\dots \times \dots\dots$

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

$= \dots\dots \text{ N}$

Sudut antara gaya gravitasi dan arah perpindahan benda θ' memenuhi:

$\theta + \theta' = \dots\dots^\circ$,

atau

$\theta' = \dots\dots^\circ - \theta$

$= \dots\dots^\circ - \dots\dots^\circ$

$= \dots\dots^\circ$

Usaha yang dilakukan gaya gravitasi adalah

$W_g = \dots\dots \times \dots\dots \times \cos \theta'$

$= \dots\dots \times \dots\dots \times \dots\dots$

$= \dots\dots \text{ J}$




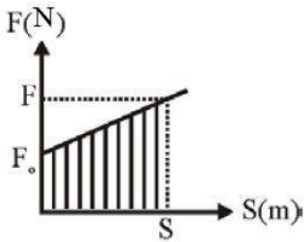
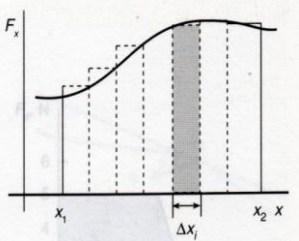
Kegiatan 2: Menganalisis Teorema Usaha-Energi



Langkah-langkah

1. Silahkan Anda melakukan percobaan sederhana dengan menggunakan koin kerambol agar bergerak meluncur pada bidang datar licin. Amati, bagaimanakah gaya yang bekerja pada koin kerambol tersebut?
2. Kemudian Anda lakukan percobaan sederhana kedua dengan menggunakan pegas agar bertambah panjang secara konstan. Amati, bagaimanakah gaya yang bekerja pada pegas tersebut?
3. Lakukan Analisis terhadap tiga buah kurva untuk membedakan usaha yang dilakukan oleh gaya konstan dengan usaha yang dilakukan oleh gaya yang berubah berikut ini!

LK-4.3

Kurva	Hasil Analisis
<p>Kerja Gaya tetap</p> 	
	
	

4. Peserta secara individu berlatih cara menyelesaikan soal mengenai teorema usaha-energi pada gaya konstan dan gaya yang berubah (soal 4.3 dan soal 4.4)



Soal 4.3

Benda yang mula-mula diam tiba-tiba memiliki energi kinetik 100 J setelah berpindah sejauh 10 m. Berapa usaha yang dilakukan gaya dan berapa besar gaya rata-rata? Anggap arah gaya sama dengan arah perpindahan benda.

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Usaha yang dilakukan gaya

$$\begin{aligned}
 W &= \dots\dots\dots - K_0 \\
 &= 100,0 - \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots \text{ J}
 \end{aligned}$$

Karena gaya dengan arah perpindahan maka:

$$\theta = \dots\dots\dots^\circ. \text{ Gaya rata-rata } (F) \text{ memenuhi}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \dots\dots\dots \\
 &= (F) \times \dots\dots\dots \times \cos \dots\dots\dots^\circ \\
 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned}
 \langle F \rangle &= \frac{\dots\dots\dots}{s} \\
 &= \frac{\dots\dots\dots}{10,0} = \dots\dots\dots \text{ N}
 \end{aligned}$$

Soal 4.4

Sebuah benda yang memiliki massa 8 kg mula-mula bergerak dengan laju 12 m/s di atas bidang datar. Antara benda dan bidang terdapat koefisien gesekan kinetik 0,3. Dengan menggunakan prinsip usaha energi, tentukan jarak yang ditempuh benda hingga berhenti.



Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Energi awal benda :

Energi kinetik akhir benda (benda diam):

$$K_2 = \dots\dots\dots$$

Dengan prinsip, maka kerja yang dilakukan gaya adalah:

$$\begin{aligned} W &= \dots\dots\dots - \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots - \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \text{J} \end{aligned}$$

Gaya yang melakukan kerja hanyalah gaya, yang besarnya

$$\dots\dots\dots \cdot k = \dots\dots\dots \cdot k \quad N = \dots\dots\dots \cdot k \times \dots\dots\dots$$

Usaha yang dilakukan gaya adalah:

$$\begin{aligned} W_k &= \dots\dots\dots \times \cos \dots\dots\dots ^\circ \\ &= \dots\dots\dots \times s \times \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \text{J} \end{aligned}$$

Usaha ini sama dengan energi kinatik benda.

Jadi = atau:

$$\begin{aligned} s &= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \\ &= \dots\dots\dots \text{m} \end{aligned}$$

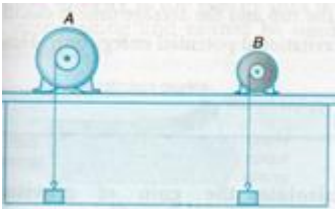
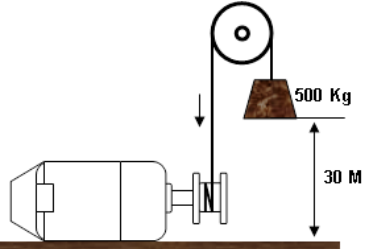


Kegiatan 3: Menghitung Daya dalam Aplikasi Kehidupan



Langkah-langkah

1. Silahkan Anda menjawab pertanyaan pada LK-4.4 berikut ini

Objek/Fenomena	
	<p>Terdapat dua buah motor yaitu motor A dan B, terlihat mengangkat benda dengan massa yang sama. Fakta yang terjadi Motor A dapat mengangkat benda lebih cepat dibandingkan motor B.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1) Sistem apakah yang melakukan usaha 2) Bentuk perubahan energi yang terjadi 3) Mengapa terjadi perbedaan waktu dalam mengangkat beban? 4) Besaran fisis apa/variabel apa saja yang muncul pada ketiga kasus di atas? 5) Bagaimana bentuk hubungan antara besaran-besaran fisis yang muncul pada fenomena tersebut? 6) Besaran fisis apa yang muncul dari hubungan antara besaran-besaran fisis yang telah Saudara kaji sebelumnya ? 7) Gunakan objek di bawah ini untuk menghitung besarnya besaran fisis yang Anda temukan! 	
	



2. Silahkan, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai Lembar kerja (LK – 4.5) berikut.

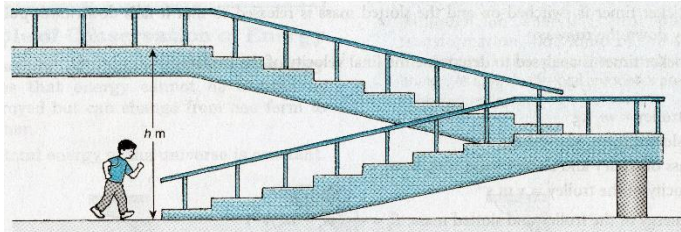
Daya

I. Tujuan

Mengukur daya yang dihasilkan oleh siswa yang menaiki tangga

II. Alat dan Bahan

- Stopwatch
- Meteran
- Timbangan badan



III. Langkah Percobaan

1. Ukurlah massa tubuh seorang siswa
2. Mintalah siswa Anda untuk berlari menaiki tangga dari satu lantai ke lantai berikutnya.
3. Hitunglah waktu yang ditempuh siswa dalam menaiki tangga hingga ketinggian vertikal h , dari titik awal siswa bergerak.
4. Lakukan penghitungan waktu oleh lebih dari dua orang untuk diambil nilai rata-rata waktu.
5. Lakukan analisis terhadap data-data berikut ini :
 - a. massa siswa : m kilo gram
 - b. Ketinggian vertikal : h meter
 - c. Waktu yang diperlukan : t sekon
 - d. Usaha yang dilakukan : Nilai energi potensial dimana $g = 9,8 \text{ ms}^{-2} = mgh$ joule
 - e. Daya yang dihasilkan : $P = \frac{W}{t}$ watt

VI. Kesimpulan Percobaan

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

3. Setelah tuntas mengerjakan LK-4.5, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal soal mengenai besaran fisis Daya (soal 4.5 dan soal 4.6) berikut ini!



Soal 4.5

Sebuah gaya sebesar 45,0 N menarik benda hingga berpindah sejauh 35,0 meter dalam waktu 8,0 s. Arah gaya persis sama dengan arah perpindahan benda. Berapakah daya yang dilakukan gaya tersebut?

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Karena gaya dengan perpindahan maka $\theta = \dots\dots\dots^\circ$. Usaha yang dilakukan gaya: $W = F s \cos \theta = \dots\dots \times \dots\dots \times \dots\dots = \dots\dots\dots$ Joule

Daya yang dihasilkan adalah:

$P = \dots\dots\dots$

Soal 4.6

Sebuah benda yang massanya 12 kg yang mula-mula diam dikenai satu gaya. Setelah berlangsung 10 s laju benda menjadi 5 m/s. Berapa daya yang dilakukan gaya tersebut?

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Usaha yang dilakukan gaya kita tentukan dari selisih energi benda.

Energi mula-mula benda $K_1 = \dots\dots\dots$ (karena benda).

Energi akhir benda:

$E_{k_2} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots = 150 \text{ J}$

Perubahan energi benda:

$\Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1} = 150 - \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J}$

Usaha yang dilakukan gaya dengan energi benda. Jadi

$W = \dots\dots\dots = 150 \text{ J}$

Daya yang dihasilkan:

$P = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ watt}$



Kegiatan 4: Membedakan gaya konservatif dan gaya non konservatif



Langkah-langkah

1. Silahkan Anda lakukan analisis terhadap dua jenis gaya pada LK-4.6 berikut ini!

	Gaya Non konservatif	Gaya Konservatif
Objek/Fenomena		
Lintasan	<p>Lintasan b</p> <p>Lintasan a</p>	
A n a l i s i s		

2. Tuliskan berbagai macam gaya yang tergolong gaya konservatif dan gaya non konservatif!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....


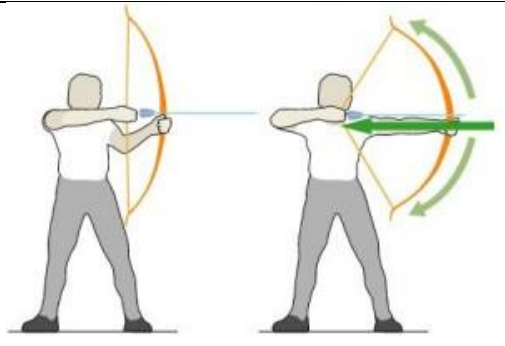


Kegiatan 5: Menghitung Energi Potensial pada Medan Gravitasi Bumi

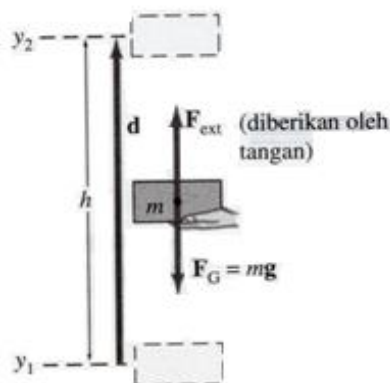


Langkah-langkah

1. Deskripsikan mengenai energi potensial pada LK-4.7 berikut ini!

Objek/Fenomena	Deskripsi
	
	

2. Turunkan persamaan energi potensial di sekitar permukaan bumi berdasarkan gambar di bawah ini!



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Silahkan Anda berlatih cara menyelesaikan soal perhitungan energi potensial pada medan gravitasi bumi (soal 4.7 dan soal 4.8)



Soal 4.7

Sebuah benda yang massanya 5 kg jatuh dari ketinggian 20 m ke ketinggian 5 m. Berapa perubahan energi potensial benda dan berapa usaha yang dilakukan gaya gravitasi?

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Energi $U_1 = m \times g \times \dots = 5,0 \times 10 \times \dots = 1000 \text{ J}$

Energi $U_2 = m \times g \times \dots = 5,0 \times 10 \times \dots = 250 \text{ J}$

Perubahan energi potensial benda:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \dots - \dots \\ &= \dots - \dots \\ &= -750 \text{ J} \end{aligned}$$

Usaha yang dilakukan gaya sama dengan perubahan energi, yaitu:

$$\begin{aligned} W_g &= \dots \\ &= - \dots = \dots \text{ J} \end{aligned}$$

Soal 4.8

Berapa energi potensial gravitasi sebuah benda yang memiliki jarak dari pusat bumi sebesar dua kali jari-jari bumi? Massa benda adalah 4 kg dan jari-jari bumi 6400 km?

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

$$\begin{aligned} U &= -G \frac{Mm}{r} \\ &= -G \frac{Mm}{\dots} \end{aligned}$$

tetapi $GM/R^2 = g$, yaitu gravitasi di permukaan bumi. Jadi dapat ditulis:

$$\begin{aligned} U &= -g \frac{m \dots}{2} \\ &= -10 \times \frac{4,0 \times (\dots)}{2} = \dots \text{ J} \end{aligned}$$



Kegiatan 6: Menghitung Energi Mekanik benda yang dikenai gaya konservatif maupun gaya non konservatif



Langkah-langkah

1. Silahkan Anda deskripsikan perubahan energi pada LK – 4.8 berikut ini

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimanakah besarnya energi mekanik benda yang dikenai gaya gesekan (adanya gaya non konservatif) dengan yang tidak dikenai gaya gesekan (hanya ada gaya konservatif)?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





3. Silahkan, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai lembar kerja (LK-4.9) berikut ini.

Kekekalan Energi Mekanik

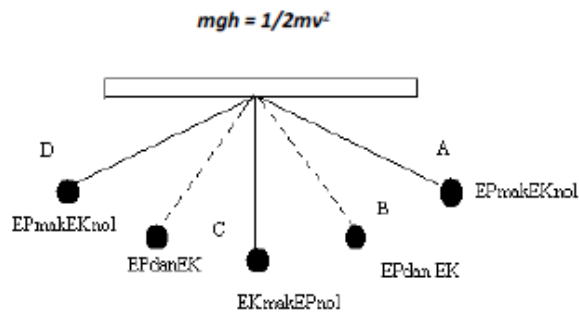
I. Tujuan :

Menyelidiki hubungan usaha dengan kekekalan energi mekanik

II. Alat dan bahan

- Tali maksimal 50 cm
- Kaca atau cermin bersekala 1 buah
- Bandul besi 1 buah
- Statip besi dan dudukannya (tinggi 55cm) 1 set
- Busur plastik 1 buah
- Stopwatch (waktu split) 1 buah
- Dudukan kaca 2 buah
- Neraca ohaus 1 buah

III. Langkah Percobaan



1. Ukur massa bandul dengan neraca *Ohaus*.
2. Bandul ditarik (diberikan usaha) ke posisi D/A, dan ke mudian dilepaskan (usahakan sudut yang dibentuk tidak melebihi 45°).
3. Perhatikan gerak dan posisi bandul hingga pergerakannya konstan (Posisi bandul mencapai titik D/A dengan tinggi yang relatif sama), barulah dapat dilakukan pengukuran tinggi untuk menghitung nilai energi potensial (mgh).
4. Untuk menghitung energi kinetik dititik C Anda dapat menarik garis 5 cm kesebelah kiri titik kesetimbangan dan 5 cm kesebelah kanan titik kesetimbangan. Ukur waktu yang diperlukan bandul untuk melintas pada jarak tersebut sehingga dengan menggunakan rumus kita dapat mengetahui kecepatan sesaat bandul diposisi C dan ini akan menghasilkan hitungan energi kinetik maksimum dititik C ($1/2 mv^2$).
5. Lihat hasil energi potensial dititik D/A dan energi kinetik dititik C, bandingkan dan ambil kesimpulan apakah berlaku atau tidaknya hukum kekekalan energi mekanik.
6. Berdasarkan pemahaman prosedur buatlah rancangan tabel data pengamatan!



4. Silahkan, Anda lakukan percobaan terlebih dahulu sesuai lembar kerja (LK-4.10) berikut ini.

HUKUM KEKALKAN ENERGI

I. Tujuan

Menyelidiki hukum kekekalan energi

II. Alat dan bahan

- Rel presisi dari kit optik, dua buah beserta peghubungnya
- Statif tersusun dari batang 50 cm dan 25 cm, kaki, dan landasannya
- Bola plastik
- *Stop Watch* 2 buah
- Penggaris 50 cm

III. Metode percobaan

Salah satu prinsip yang paling mendasar dalam semua proses fisika bahwa jumlah total energi adalah kekal. Ada berbagai macam energi yang dapat ditranfer dari macam energi ke macam energi yang lainnya. Energi beberapa jenis energi yang sering kita kenal, yaitu energi potensial, energi kinetik, energi rotasi, energi panas, energi kimia, dan energi massa (rumus energi dari *Einstein*: $E=mc^2$). Dalam percobaan ini dibahas masalah energi kinetik dan energi rotasi dari suatu bola yang digelindingkan. Energi kinetik suatu partikel bermassa m yang bergerak dengan kecepatan v diberikan oleh persamaan:

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

dan energi potensial partikel adalah:

$$E_p = mgh \dots\dots\dots(2)$$

dengan h adalah ketinggian dari tingkatan, artinya bila objek jatuh dari ketinggian h_1 ke h_2 maka tinggi tingkatan adalah:

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

atau yang berarti pula kehilangan energi sebesar:

$$E_p = mg\Delta h.$$

Dalam percobaan ini, kita akan selidiki bola yang menggelinding. Untuk bola yang menggelinding kita harus pula menghitung energi kinetik dari bola menggelinding. Jadi pada bola yang menggelinding ada dua energi kinetik yang berperan yaitu:

$$\text{Energi Kinetik} = \text{Energi Kinetik Pusat Massa} + \text{Energi Rotasi}$$

Hubungan ini secara analitis diberikan dalam bentuk

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \dots\dots\dots(3)$$

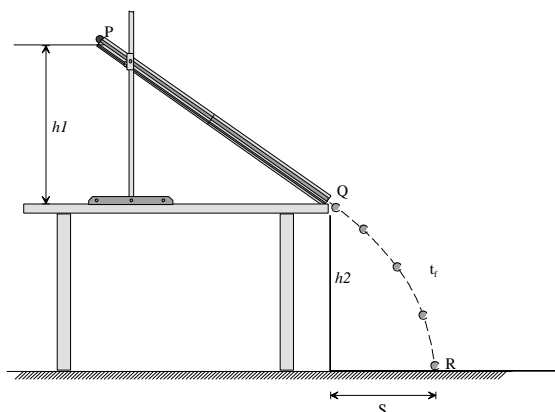
Dimana m adalah total massa objek, v dalah kecepatan pusat massa, I adalah momen inersia bola ($I=2/5mR^2$) dan ω adalah kecepatan sudut putar (untuk bola yang teak tergelincir $\omega=v/R$). Jadi total energi kinetik bola menggelinding adalah:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} mv^2 + (\frac{1}{2}).(2/5.mR^2).(v/R)^2 \\ &= \frac{1}{2} mv^2 + 1/5 mv^2 \\ &= 7/10 mv^2 \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

Anda amati ternyata pada laju yang sama bahwa energi kinetik bola yang menggelinding lebih besar dibanding energi suatu titik objek yang bergerak pada kecepatan yang sama. Kita coba analisis untuk



keadaan yang digambarkan pada Gambar 1. Misal bola kita gelindingkan dari titik P. Energi awal bola di P adalah $E_p = mg\Delta h = mg(h_1 - h_2)$. Pada saat di Q bola meluncur menuju R. Energi di Q adalah $E_Q = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = E_k = \frac{7}{10}mv_1^2$, dengan v_1 adalah kecepatan rata-rata bola di Q. Energi di R yaitu saat bola tepat jatuh adalah $E_R = \frac{1}{2}mv_2^2$. Menurut hukum kekekalan energi haruslah $E_p = E_Q = E_R$. Kita akan selidiki apakah persamaan $E_p = E_Q = E_R$ dengan melakukan percobaan seperti yang dijelaskan pada kondisi Gambar 1.



Gambar-1. Perangkaian peralatan percobaan

IV. Pengamatan dan data percobaan

Siapkan semua peralatan yang telah disediakan. Sebelum merangkai, timbang massa bola, misal $m_b = \dots$ kg, jari-jari bola $R_b = \dots$ m. Rangkai peralatan tersebut hingga seperti pada gambar-1. Simpan bola diujung P dan lepaskan hingga menggelinding di atas rel. Siapkan *stop watch* untuk mengukur kecepatan v_1 , yaitu jarak PQ dibagi waktu yang dibutuhkan bola menggelinding sepanjang PQ, misal t_{pQ} . Kecepatan di R adalah v_2 . Untuk mendapatkan v_2 , kita tahu bahwa $v_2 = S/t_f$ dengan t_f adalah waktu yang diperlukan bola jatuh hingga ke tanah dengan menganggap bahwa gesekan dengan udara kita abaikan. Lakukan percobaan dengan mempersiapkan terlebih dulu dua buah jam henti. Jam henti pertama untuk mengukur waktu selama menggelinding di rel yaitu mengukur waktu t_{pQ} dan *stop watch* kedua untuk mengukur waktu jatuh t_f . Selanjutnya isilah pada kolom tabel-1 hasil pengamatan kedua waktu tersebut dan hitung energi pada E_p , E_Q , dan E_R sesuai persamaan yang telah dijelaskan di atas. Lakukan beberapa sebanyak 5 kali percobaan dan hitung rata-ratanya.

Tabel-1: Data hasil pengukuran dan perhitungan energi di P, Q, dan R

No	t_{pQ}	t_f	v_1	v_2	E_p $mg(h_1 - h_2)$	E_Q $\frac{7}{10}mv_1^2$	E_R $\frac{1}{2}mv_2^2$
1
2
3
4
5
Jumlah				
Rata-Rata				

V. Hasil Percobaan dan Kesimpulan

- 1) Dari data dan hasil perhitungan yang diperoleh dalam tabel-1. Bagaimanakah besar angka yang ditunjukkan oleh harga-harga dari rata-rata untuk E_p , E_Q dan E_R ? tulis komentar Anda.

.....



- 2) Sebutkan beberapa kesalahan yang mungkin terjadi dari percobaan ini sehingga hasil percobaan anda tidak tepat betul dibanding dengan teori ?
.....
- 3) Adakah kehilangan energi yang terjadi pada bola saat di Q dan di R. Berapakah besarnya kehilangan energi tersebut jika ada?
.....
- 4) Sebutkan hal-hal yang harus diperhitungkan dari kondisi rangkaian percobaan gambar-1 tetapi tidak tertulis dalam perumusan?
.....

V. Bahan diskusi

Sebuah kendaraan beroda empat menabrak pohon yang datang dari jalan dengan ketinggian tertentu karena remnya rusak. Jika gesekan antara ban dan jalan sangat kecil, diskusikan bersama teman-teman kelompokmu apakah pada saat terjadi tabrakan dengan pohon energi kinetik mobil bertambah atau berkurang?
.....

3. Setelah tuntas mengerjakan LK-4.10, silahkan Anda berlatih langkah-langkah penyelesaian soal-soal mengenai Hukum kekekalan energi (soal 4.9, soal 4.10 dan soal 4.11) berikut ini!

Soal 4.9

Sebuah benda yang memiliki massa 0,5 kg meluncur turun dari bidang miring yang kasar dengan laju awal nol. Ketinggian bidang miring dari dasar adalah 3 m. Saat di dasar, laju benda adalah 6 m/s. Berapa usaha yang dilakukan oleh (a) gaya gravitasi dan (b) gaya gesekan?

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

(a) Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi sama dengan negatif perubahan energi potensial.

- Energi potensial awal: $U_1 = m g h_1 = \dots \times \dots \times \dots = \dots \text{ J}$
- Energi potensial akhir: $U_2 = m g h_2 = \dots \times \dots \times \dots = \dots \text{ J}$
- Perubahan energi potensial: $\Delta U = \dots - \dots = \dots - \dots = - \dots \text{ J}$
- Usaha yang dilakukan gaya gravitasi: $W_g = - \dots = - (\dots) = \dots \text{ J}$

(b) Menentukan usaha oleh gaya gesek (*non konservatif*)

- Energi kinetik awal benda: $K_1 = \dots$
- Energi kinetik akhir benda: $K_2 = (1/2)mv^2 = (1/2) \times \dots \times \dots^2 = \dots \text{ J}$
- Energi mekanik awal: $EM_1 = \dots + K_1 = \dots + \dots = \dots \text{ J}$
- Energi mekanik akhir: $EM_2 = U_2 + \dots = \dots + \dots = \dots \text{ J}$
- Perubahan energi mekanik: $\Delta EM = \dots - \dots = 9 - 15 = -6 \text{ J}$
- Usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan (gaya non konservatif) : $W_{ges} = \dots = -6 \text{ J}$.



Soal 4.10

Sebuah batu yang massanya 120 gram dilemparkan ke atas dengan laju awal 8,0 m/s. Dengan menggunakan hukum kekekalan energi mekanik: (a) tentukan laju batu saat ketinggiannya 3,0 meter dan (b) ketinggian maksimum yang dicapai batu.

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Abaikan udara. Gaya yang bekerja pada batu hanya gaya yang sifatnya konservatif. Dengan demikian, berlaku hukum kekekalan Energi mekanik saat batu dilemparkan:

$$\begin{aligned}
 EM_1 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\
 &= 0,12 \times 10 \times 0 + \frac{1}{2} \times 0,12 \times 8^2 \\
 &= \dots\dots\dots \text{ J}
 \end{aligned}$$

(a) Energi mekanik saat batu mencapai ketinggian $h_2 = \dots\dots\dots$ m adalah:

$$\begin{aligned}
 EM_2 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\
 &= 0,12 \times 10 \times 2 + \frac{1}{2} \times 0,12 \times v_2^2 \\
 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots v_2^2
 \end{aligned}$$

dengan hukum kekekalan energi mekanik:

..... =, maka

$$\begin{aligned}
 2,4 + 0,06 v_2^2 &= 3,84, \text{ atau} \\
 v_2^2 &= \dots\dots\dots \text{ atau} \\
 v_2 &= \sqrt{24} = \dots\dots\dots \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

(b) Saat benda mencapai ketinggian maksimum $v_3 = \dots\dots\dots$ m/s.

$$\begin{aligned}
 \text{Energi mekaniknya adalah } EM_3 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \\
 &= 0,12 \times 10 \times h_3 + \frac{1}{2} \times 0,12 \times 0 = 1,2 h_3
 \end{aligned}$$

dengan hukum kekekalan energi :

$$\begin{aligned}
 \dots\dots\dots &= \dots\dots\dots, \text{ maka:} \\
 \dots\dots\dots &= \dots\dots\dots, \text{ atau} \\
 h_3 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$



Contoh 4.11

Dengan menggunakan hukum kekekalan energi, tentukan laju minimum agar benda lepas dari ikatan gravitasi bumi. Diketahui jari-jari bumi $6,4 \times 10^6$ m dan percepatan gravitasi di permukaan bumi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

Misalkan laju benda saat dilepaskan dari permukaan bumi v_0 . Kita gunakan rumus energi gravitasi bumi yang lebih umum karena akan menyangkut gerak benda sampai jarak yang jauh dari bumi. Energi mekanik benda saat di permukaan bumi

$$EM_1 = Ep_1 + Ek_1$$

$$= -G \dots + \frac{1}{2}mv_0^2$$

dengan M massa, m massa benda, dan R bumi. Benda dikatakan lepas dari ikatan gravitasi bumi jika benda tersebut dapat mencapai jarak Laju minimum untuk lepas adalah laju sehingga pada jarak tak berhingga dari bumi, laju benda Jadi, energi mekanik benda pada jarak tak adalah:

$$EM_2 = Ep_2 + Ek_2$$

$$= -G \frac{Mm}{\dots} + \frac{1}{2}m \times 0 = 0$$

dengan menggunakan $EM_2 = EM_1$, maka:

$$-G \frac{Mm}{R} + \frac{1}{2}mv_0^2 = \dots$$

yang dapat ditulis sebagai: $v_0^2 = \dots$

tetapi, $GM/R^2 = g$, yaitu percepatan gravitasi di permukaan bumi sehingga dapat kita tulis:

$$v_0^2 = \dots$$

dengan menggunakan data di soal didapat:

$$v_0^2 = \dots \times (6,4 \times 10^6) \times 9,8$$

$$= 1,254 \times 10^8$$

atau:

$$v_0 = \sqrt{1,254 \times 10^8}$$

$$= \dots \text{ m/s}$$



Kegiatan 7: Menguraikan Usaha dan Energi pada Pegas



Langkah-langkah

1. Silahkan, Anda lakukan percobaan pegas terlebih dahulu sesuai lembar kerja (LK-4.11) berikut ini.

Energi Pegas

I. Tujuan

Menentukan energi potensial yang dimiliki suatu pegas.

II. Pendahuluan

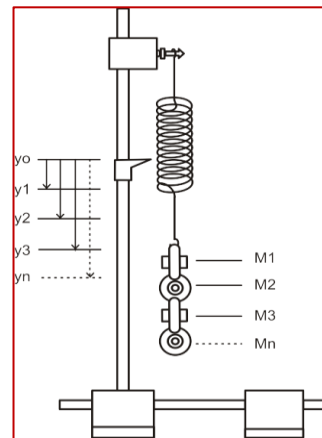
Suatu pegas jika diregangkan maka pegas tersebut akan melawan atau menaril berlawanan arah dengan arah regangan pegas. Begitu juga kalau pegas itu ditekan maka pegas mempunyai potensi untuk mengembalikan keadaannya ke posisi semula. Berapakah energi potensial yang dimiliki suatu pegas jika pegas tersebut diberi simpangan dari posisi normalnya?

III. Alat dan Bahan

- statif dengan klem
- beban gantung
- pegas spiral
- penggaris
- neraca.

IV. Langkah Percobaan

1. Susun alat seperti pada gambar.
2. Ukur panjang pegas mula-mula sebelum diberi beban.
3. Gantungkan beban kemudian ukur panjang pegas hitung pertambahan panjang pegas dan berat beban!
4. Lakukan percobaan selanjutnya dengan mengubah beban dan tuliskan hasilnya ke dalam tabel!
5. Dari data pada tabel buatlah grafik dengan sumbu X-nya adalah pertambahan panjang dan sumbu Y adalah berat beban.
6. Tentukan sudut kemiringan kurva (α).
7. Hitunglah konstanta pegas dengan persamaan $k = \tan \alpha$

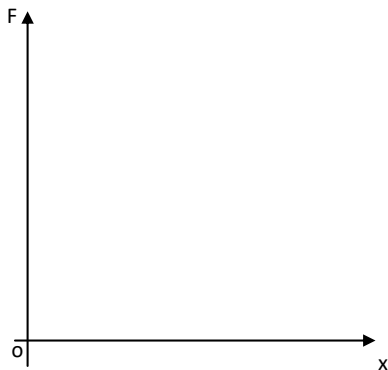




V. Tabel hasil pengamatan

No	Berat Beban F(Newton)	Pertambahan Panjang x (meter)

VI. Grafik hasil percobaan dan pertanyaan



1. Berbentuk apakah kurvanya?
2. Tuliskan dengan kalimat dari persamaan kurva tersebut! (*ungkapan tersebut merupakan Hukum Hooke!*)
3. Beban yang diberikan pada pegas, dilawan oleh pegas sehingga pegas meregang. Dari penalaran ini dikatakan bahwa pegas memiliki energi potensial E_p . Tentukan energi potensial pegas tersebut!

VII. Kesimpulan Percobaan

.....

.....

2. Setelah tuntas mengerjakan LK- 6, silahkan Anda berlatih menyelesaikan soal usaha dan energi pada pegas (*soal 4.12 dan soal 4.13*) berikut ini!

Soal 4.12

Panjang pegas bertambah sebesar 4 cm ketika sebuah beban 1,5 kg pada pegas tersebut. Berapa energi potensial pegas saat pegas menyimpang sejauh 2 cm?

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data



Berat beban yang digantung pada pegas

$$W = \dots \times \dots$$

$$= \dots \times \dots = \dots \text{ N}$$

Saat digantung beban tersebut, terjadi

$$\Delta x = \dots \text{ cm} = 0,02 \text{ m.}$$

Maka koefisien pegas adalah

$$k = \frac{\dots}{\dots} = \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ N/m}$$

Ketika terjadi penyimpangan $x = 2 \text{ cm} = \dots$ meter, maka energi potensial pegas adalah:

$$Ep = \dots = \frac{1}{2} x \dots x (\dots)^2 = \dots \text{ Joule}$$

Soal 4.13

Sebuah benda yang bermassa 200 g digantungkan pada ujung pegas yang memiliki konstanta 800 N/m. Benda tersebut kemudian disimpangkan dari titik keseimbangan sejauh 4 cm. Dengan menganggap bahwa energi potensial pada titik keseimbangan baru nol, hitunglah:

- a) Energi kinetik dan energi potensial saat benda akan dilepaskan dari simpangan maksimum
- b) Energi kinetik dan potensial saat simpangan pegas setengah dari simpangan maksimum
- c) Energi kinetik dan potensial saat simpangan pegas nol

Langkah Penyelesaian

Gambaran objek/fenomena	Variabel dan data

- a. Saat benda akan dilepaskan dari simpangan maksimum, benda kecepatan.

Energi kinetik benda: $Ek_1 = \dots$

Energi potensial: $Ep_1 = \dots = \frac{1}{2} x \dots x \dots^2 = 0,64 \text{ J}$

- b. Saat simpangan benda setengah simpangan maksimum:

$x = x_0 / \dots = 0,02 \text{ meter.}$

$$Ep_2 = \frac{1}{2} kx^2$$



$$= \frac{1}{2} x \dots \dots \dots x(\dots \dots \dots)^2 = 0,16 \text{ J}$$

Karena tidak ada gaya maka energi mekanik konstan sehingga

$$Ep_2 + Ek_2 = Ep_1 + Ek_1, \text{ atau}$$

$$Ek_2 = Ep_1 + Ek_1 - Ep_2$$

$$= 0,64 + 0 - 0,16 = 0,48 \text{ J}$$

- c. Saat simpangan pegas minimum, yaitu:

$$x = \dots \dots \dots,$$

maka energi potensial:

$$Ep = \dots \dots \dots$$

Energi kinetik dihitung dengan hukum kekekalan energi mekanik:

$$Ep_3 + Ek_3 = Ep_1 + Ek_1$$

$$\dots \dots \dots + K_3 = \dots \dots \dots + \dots \dots \dots,$$

atau

$$Ek_3 = \dots \dots \dots \text{ Joule}$$

E. Latihan/Kasus/Tugas

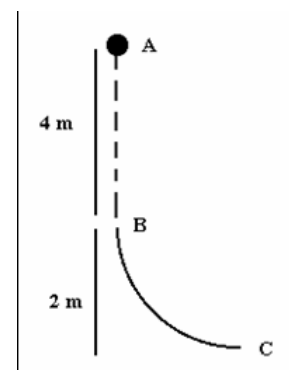
a. Latihan Soal

Setelah mempelajari materi Usaha, Energi, dan Daya, silahkan Anda mencoba mengerjakan latihan soal secara mandiri selanjutnya diskusikan dalam kelompok. Kumpulkan hasil kerja tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan.

1. Sebuah batu yang memiliki masss 50 kg jatuh dari sebuah tebing ke pantai yang berada 30 meter di bawah. Berapakah: (a) energi kinetik, dan (b) laju batu tepat saat akan menyentuh pantai?
2. Seorang pembalap sepeda menaiki tanjakan dengan laju tetap. Setelah 100 s, ketinggian yang dicapai adalah 25 m. Massa pembalap bersama sepedanya adalah 60 kg. Hitunglah daya rata-rata yang dihasilkan pembalap!
3. Pada lintasan ski yang menurun, panjang total lintasan dari titik *start* ke titik *finish* adalah 1800 m. Penurunan total secara vertikal titik *finish* terhadap titik *start* adalah 550 m. Berat pemain ski (termasuk perlengkapannya) adalah 900 N. Waktu yang diperlukan pemain berpindah dari titik *start* ke titik *finish* adalah 65 s. Hitunglah:
 - a. laju rata-rata pemain ski selama meluncur;

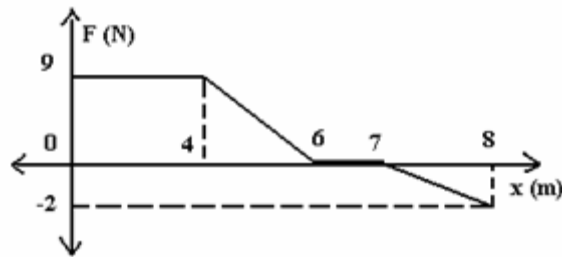


- b. kehilangan energi gravitasi ketika pemain ski berpindah dari titik *start* ke titik *finish*;
 - c. jika gaya hambat rata-rata yang dialami pemain ski adalah 250 N, berapa usaha yang dilakukan untuk melawan gaya hambatan tersebut?
4. Berapa kerja maksimum yang diperlukan untuk mendorong mobil yang memiliki massa 1000 kg sejauh 300 m mendaki tanjakan yang kemiringannya $17,5^\circ$,
 - a. jika dianggap tidak ada gaya gesekan antara mobil dengan jalan?
 - b. jika koefisien gesekan antara mobil dengan jalan adalah 0,25?
 5. Sebuah pegas vertikal memiliki konstanta 900 N/m dikaitkan pada meja. Pegas tersebut kemudian ditekan sejauh 0,15 m.
 - a. Berapa laju benda yang bermassa 300 g yang dapat diberikan oleh pegas tersebut?
 - b. Berapa jauh di atas posisi awal pegas sebelum diteka, bola akan terbang?
 6. Sebuah bola bermassa 2,5 kg yang mula-mula diam jatuh secara vertikal sejauh 55 cm sebelum mengenai sebuah pegas vertikal. Benda tersebut menekan pegas sejauh 15 cm sebelum kemudian berhenti. Hitunglah konstanta pegas.
 7. Sebuah mobil yang sedang bergerak dengan laju 60 km/jam direm sehingga berhenti pada jarak 20 m. Jika mobil tersebut mula-mula bergerak dengan laju 120 km/jam, berapa jauh mobil baru berhenti jika direm?
 8. Sebuah kereta yang memiliki massa 50 kg ditarik sejauh 40 m dengan gaya 100 N yang membentuk sudut 37° terhadap arah perpindahan. Lantai bersifat licin dan menghasilkan gaya gesekan pada kereta sebesar 50 N. Tentukan kerja yang dilakukan oleh masing-masing gaya dan kerja total yang dilakukan oleh semua gaya.
 9. Sebuah benda jatuh dari ketinggian 4 m, kemudian melewati bidang lengkung seperempat lingkaran licin dengan jari-jari 2 m. Tentukan kecepatan saat lepas dari bidang lengkung tersebut!





10. Sebuah benda diberi gaya dari 3 N hingga 8 N dalam 5 detik.



Jika benda mengalami perpindahan dari kedudukan 2 m hingga 10 m, seperti pada grafik, maka tentukan usaha yang dilakukan!

b. Tugas Pengembangan Soal

Pada tugas pengembangan soal ini Anda diminta untuk membuat soal UN/USBN berdasarkan kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Soal yang dikembangkan disesuaikan dengan kurikulum yang digunakan oleh sekolah Anda (Kurikulum 2006 atau Kurikulum 2013) dengan materi sesuai dengan materi yang dibahas pada Kegiatan Pembelajaran 4 ini.

Prosedur Kerja

1. Pelajari kembali bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Instrumen Penilaian di Modul G Kelompok Kompetensi Pedagogik.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti pada Lampiran 2 dan 3
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format berikut pada Lampiran 4. (Sesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah anda).
4. Berdasarkan kisi-kisi di atas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
5. Kembangkan soal-soal level *Higer Orther of Thinking skill's* HOTS
6. Bentuk soal yang dikembangkan berupa Pilihan Ganda (PG) dan essay, masing-masing 3 soal
7. Masing-masing soal dibuat dalam kartu soal seperti pada Lampiran 5 dan 6
8. Sebagai acuan pengembangan soal yang baik Anda dapat menelaah soal tersebut secara mandiri atau dengan teman sejawat dengan menggunakan instrumen telaah soal seperti terlampir pada Lampiran 7 dan 8.



F. Rangkuman

Dengan demikian dapat kita simpulkan bahwa

1. Usaha yang dilakukan oleh gaya konstan adalah hasil kali komponen gaya dalam arah gerakan dan perpindahan titik tangkap gaya tersebut:

$$W = F \cos \theta \Delta x = F_x \Delta x$$

2. Usaha yang dilakukan gaya yang berubah-ubah, sama dengan luas daerah di bawah kurva gaya terhadap jarak
3. Energi kinetik adalah energi yang dihubungkan dengan gerakan sebuah benda dan dihubungkan dengan massa dan kelajuannya lewat

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

4. Usaha total yang dilakukan pada sebuah partikel sama dengan perubahan energi kinetik partikel. Ini disebut teorema usaha-energi:

$$W = m \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2} d(v^2) = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = Ek_2 - Ek_1$$

5. Satuan SI usaha dan energi adalah joule (J) : 1 J = 1 N.m
6. Usaha yang dilakukan pada partikel yang bergerak dari titik 1 ke titik 2 adalah

$$W = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

7. Sebuah gaya disebut konservatif jika usaha total yang dilakukannya pada sebuah partikel nol, ketika partikel bergerak sepanjang lintasan tertutup, yang mengembalikan partikel ke posisi awalnya. Usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif pada sebuah partikel tak bergantung pada bagaimana partikel itu bergerak dari satu titik ke titik lainnya.
8. Perubahan energi potensial sistem didefinisikan sebagai negatif usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif yang bekerja pada sistem. Usaha yang dilakukan pada sebuah sistem oleh gaya konservatif sama dengan berkurangnya energi potensial sistem.

$$U(\vec{r}_2) - U(\vec{r}_1) = - \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

9. Energi potensial gravitasi sebuah benda bermassa m pada ketinggian h di atas suatu titik acuan adalah:

$$U = Ep$$

10. Energi potensial pegas dengan konstanta gaya k ketika pegas diregangkan atau dikompresi sejauh x dari titik kesetimbangan diberikan oleh:

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$$



11. Jika hanya gaya konservatif yang melakukan usaha pada sebuah benda, jumlah energi kinetik dan energi potensial benda tetap konstan:

$$E_m = E_p + E_k = U + \frac{1}{2}mv_1^2 = \text{konstan} \text{ (hukum kekekalan energi mekanik)}$$

12. Usaha yang dilakukan oleh gaya takkonservatif yang bekerja pada sebuah partikel sama dengan perubahan energi mekanik total sistem:

$$W_{\text{non-kons}} = \Delta U + \Delta K = (U_2 - U_1) + (K_2 - K_1) = (U_2 + K_2) - (U_1 + K_1) = \Delta EM$$

ini adalah teorema usaha-energi umum. Kekalan energi mekanik dan teorema usaha-energi umum dapat digunakan sebagai pilihan selain hukum Newton untuk memecahkan soal-soal mekanika yang membutuhkan penentuan kelajuan partikel sebagai fungsi posisinya.

13. Daya adalah laju alih energi dari satu sistem ke sistem lain. Jika sebuah gaya F bekerja pada suatu partikel yang bergerak dengan kecepatan v , daya masukan gaya itu adalah:

$$P = \frac{dW}{dt} = F \cdot v$$

Satuan SI untuk daya adalah watt (W), yang sama dengan satu joule per sekon. Suatu satuan energi yang biasa digunakan adalah *kolowatt*-jam, yang sama dengan 3,6*megajoule*.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran 4 ini merupakan konsep dasar/esensial yang terdapat dalam keseluruhan materi *Usaha, Energi dan Daya*. Masih terdapat kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi. Untuk itu silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka.

Setelah menyelesaikan soal latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silahkan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan Pembelajaran 4 dengan kerja keras, kreatif, disiplin dan kerja sama.

KUNCI JAWABAN LATIHAN/TUGAS/KASUS

A. Kegiatan Pembelajaran 1: Sifat Mekanika Bahan

1. (a). 400 N/m; (b). 2,5 cm, (c). 5 cm, (d) 32 rad/s
2. (a). 0,16 m; (b). 0,04 m
3. (a). 375 N/m; (b). 0,7 cm dan 1,3 cm
4. (a). $5,6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$; (b). 8×10^{-5} ; (c). 0,4 mm; (d). $2,52 \times 10^4 \text{ N/m}$
5. $\Delta L_{\text{kuningan}} = 0,64 \text{ mm}$ dan $\Delta L_{\text{baja}} = 0,84 \text{ mm}$
6. (a). $15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, (b). 0,01, (c). $1,6 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
7. 7840 lb
8. 4,9 kN
9. $5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
10. - (8,7) mm^3

B. Kegiatan Pembelajaran 2: Kestimbangan Benda Tegar

1. D
2. D
3. D
4. C
5. B
6. E
7. E
8. B
9. A
10. C

**C. Kegiatan Pembelajaran 3: Gaya Gesek**

1. a
2. $F_{\text{smak}} = 50 \text{ N}$; $F_k = 30 \text{ N}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$

Kasus	Besar gaya normal antara benda dan lantai	Besar gaya gesek maksimum antara benda dengan lantai	Besar gaya gesek kinetik	Percepatan benda
	(newton)	(newton)	(newton)	m/s^2
1	20	10	5	7,5
2	50	25	10	4
3	50	25	15	7,39

4. (a). 25 N; (b). 12,5N
5. a). $f_s = 79,86$ dan $f_k = 31,95$; (b) $a = -7,12 \text{ m/s}^2$
6. $T = 27 \text{ N}$
7. a) $f_{\text{ges}} > f_{\text{smak}}$, balok dalam keadaan tidak seimbang. b) $f_{\text{ges kinetik}} = 48 \text{ N}$. Arah $f_{\text{ges kinetik}}$ berlawanan dengan arah gerakan, dimana gerakan balok meluncur ke bawah maka gaya gesekan kinetik ke atas.
8. a). 780 N, b) 649 N, c) 80 N
9. $x = 12 \text{ cm}$
- 10.a) pegas yang diperlukan sebesar 3587 N, b) lebar bidang gesek 144,2 mm

D. Kegiatan Pembelajaran 4: Usaha, Daya dan Energi

1. (a). $K_2 = 15000 \text{ J}$; (b). $v_2 = 24 \text{ m/s}$
2. $P = 150 \text{ W}$
3. (a). $v = 28 \text{ m/s}$; (b). $\Delta U = -4,5 \times 10^5 \text{ J}$; (c). $W = 4,5 \times 10^5 \text{ J}$
4. (a). $W_{\text{non-kons}} = 9 \times 10^5 \text{ J}$; (b). $W_{\text{dorong}} = 11,25 \times 10^5 \text{ J}$;
5. (a). $v = 8 \text{ m/s}$; (b). $h = 3,225 \text{ m}$
6. $k = 1556 \text{ N/m}$
7. $S_2 = 80 \text{ m}$
8. $W_{\text{total}} = 1200 \text{ J}$
9. $V_2 = 10,92 \text{ m/s}$
10. 44 joule

EVALUASI

Setelah mempelajari seluruh materi pada setiap Kegiatan Pembelajaran, silahkan Anda mencoba mengerjakan soal evaluasi secara mandiri selanjutnya diskusikan dalam kelompok. Kumpulkan hasil sesuai waktu yang telah ditentukan.

A. Sifat Mekanik Bahan

1. Tali nilon berdiameter 2 mm ditarik dengan gaya 100 Newton. Nilai tegangan tali tersebut adalah N/m^2
 - A. $31,5 \times 10^6$
 - B. $35,1 \times 10^6$
 - C. $13,5 \times 10^6$
 - D. $15,5 \times 10^6$
2. Seutas tali mempunyai panjang mula-mula 100 cm ditarik hingga tali tersebut mengalami penambahan panjang 2 mm. Nilai regangan tali tersebut adalah
 - A. 0,001
 - B. 0,002
 - C. 0,003
 - D. 0,004
3. Suatu tali berdiameter 4 mm dan mempunyai panjang awal 2 meter ditarik dengan gaya 200 Newton hingga panjang tali berubah menjadi 2,02 meter. Nilai (a) tegangan tali (b) regangan tali (c) modulus elastisitas Young berturut-turut adalah
 - A. Tegangan $15,29 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, (b) Regangan 0,01 (c) Modulus Young $1,6 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
 - B. Tegangan $15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, (b) Regangan 0,02 (c) Modulus Young $6,1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
 - C. Tegangan $15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, (b) Regangan 0,01 (c) Modulus Young $1,6 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
 - D. Tegangan $15,29 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, (b) Regangan 0,02 (c) Modulus Young $6,1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

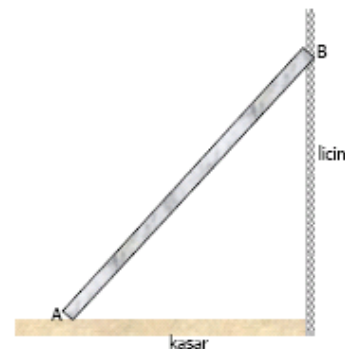


4. Seutas tali nilon berdiameter 1 cm dan panjang awal 2 meter mengalami tarikan 200 Newton. Pertambahan panjang senar tersebut adalah (E nilon = 5×10^9 N/m²).
- A. 0,26 milimeter
B. 0,62 milimeter
C. 2,06 milimeter
D. 6,02 milimeter
5. Tiang beton mempunyai tinggi 5 meter dan luas penampang lintang 3 m³ menopang beban bermassa 30.000 kg. Perubahan tinggi tiang tersebut adalah ... millimeter. (Gunakan $g = 10$ m/s². Modulus elastis Young Beton = 20×10^9 N/m²).
- A. 0,021
B. 0,023
C. 0,025
D. 0,027

B. Benda Tegar

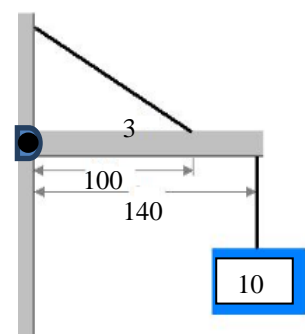
1. Sebuah tangga AB homogen, panjang 12 m, beratnya 200 N bersandar pada tembok vertikal yang licin dan bertumpu pada lantai horizontal yang kasar. Tangga AB membentuk sudut 60° terhadap lantai. Jika tangga AB tepat akan tergelincir, maka koefisien gesek antara lantai dengan tangga adalah

- A. $\frac{1}{6}\sqrt{3}$
B. $\frac{1}{3}\sqrt{6}$
C. $\frac{1}{3}\sqrt{3}$
D. $\frac{1}{6}\sqrt{6}$



2. Batang homogen yang beratnya 50 N berada dalam keadaan seimbang. Tegangan kabel pendukung dan komponen-komponen gaya yang dikerjakan oleh engsel pada batang adalah

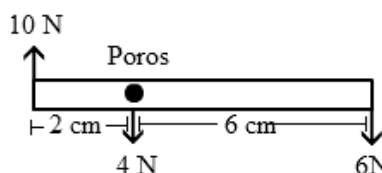
- A. 25,2 N
B. 52,5 N
C. -2,52 N
D. -25,2 N



3. Momen gaya yang dialami benda pada gambar di bawah ini
- A. 0,54 Nm

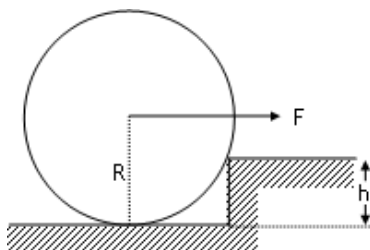


- B. 0,55 Nm
- C. 0,56 Nm
- D. 0,57 Nm



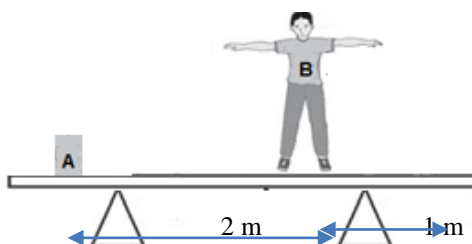
4. Sebuah roda akan dinaikkan pada anak tangga , seperti pada gambar. Bila jari-jari rida = R , berat roda = W , tinggi anak tangga h , maka gaya F minimum yang dibutuhkan agar roda tersebut dapat dinaikkan adalah

- A. $W(R - h)$
- B. $\frac{W\sqrt{2Rh - h^2}}{R - h}$
- C. $W(2Rh - h^2)$
- D. $\frac{W(R - h)}{R}$



5. Seorang tukang cat mengatur dua buah kuda-kuda penopang. Sebuah papan bermassa 6 kg digunakan sebagai tempat berpijak ketika ia mencat dinding. Kuda-kuda penopang A dan B di tempatkan 1 m dari tiap ujung papan. Ia meletakkan kaleng A bermassa 2 kg sejauh 0,5 m dari ujung sisi kiri papan. Secara perlahan-lahan ia mengecat sambil bergeser ke kanan. Berapa jauh ke kanankah ia dapat bergeser sebelum papan tepat terangkat dari kuda-kuda penopang A?

- A. 1/5 m
- B. 2/5 m
- C. 3/5 m
- D. 4/5 m



C. Gesekan

1. Saat menghapus papan tulis, Hafidz menekan penghapus ke papan tulis dengan gaya 8 N. Jika berat penghapus 0,8 N dan koefisien gesek kinetis penghapus dan papan tulis 0,4. Gaya yang harus diberikan lagi oleh Hafidz kepada penghapus agar saat menghapus ke arah bawah kecepatan penghapus adalah newton

- A. 2.2
- B. 4.2
- C. 2.4
- D. 4.4

2. Dua balok A dan B bertumpukan di atas lantai. Massa balok A yang berada di bawah adalah 3 kg dan massa balok B yang di atas adalah 2 kg. Koefisien gesek statis dan kinetis antara balok A dan B adalah 0,3 dan 0,2, sedang koefisien gesek statis dan kinetis



antara balok A dan lantai adalah 0,2 dan 0,1. Percepatan maksimum sistem agar balok B tidak tergelincir dari balok A yang ditarik gaya F adalah m/s^2

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

3. Balok A bermassa 2 kg dihubungkan dengan tali ke balok B bermassa 4 kg pada bidang datar, kemudian balok B dihubungkan dengan katrol di tepi bidang datar, lalu dihubungkan dengan balok C bermassa 4 kg yang tergantung di samping bidang datar. Jika koefisien gesek kinetik dan statis antara balok A dan B terhadap bidang datar adalah 0,3 dan 0,2, dan massa katrol diabaikan, maka tegangan tali antara balok A dan B adalah newton

- A. 6,9
- B. 9,6
- C. 2,3
- D. 3,2

4. Seorang pemain ski mulai meluncur pada suatu bidang miring dengan kemiringan 37° . Kecepatannya setelah menempuh waktu 6 s, jika koefisien gesek sepatu pemain ski dan es adalah 0,1 adalah m/s

- A. 31.1
- B. 31,2
- C. 31.3
- D. 31.3

5. Suatu mobil berada pada suatu tikungan dengan kemiringan 37° dan koefisien gesek statis antara ban mobil dengan jalan adalah 0,9. Jika jari-jari tikungan 40 m, maka kecepatan maksimal agar mobil tidak selip adalah m/s

- A. 45,06
- B. 40.06
- C. 46.05
- D. 40.05

D. Usaha, Daya dan Energi

1. Kereta api dengan gaya gerak 6.10⁵ N bergerak dengan kecepatan tetap 72 km/jam. Usaha yang dilakukan kereta api tersebut selama 1.5 km adalah joule

- A. 7.10⁸
- B. 8.10⁸
- C. 9.10⁸



- D. $10 \cdot 10^8$
2. Sebuah tongkat yang panjangnya 40 cm dan tegak di atas permukaan tanah dijatuhi martil 10 kg dari ketinggian 50 cm di atas ujungnya. Bila gaya tahan rata-rata tanah 103 N, maka banyaknya tumbukan martil yang perlu dilakukan terhadap tongkat agar menjadi rata dengan permukaan tanah adalah
- A. 2
B. 4
C. 5
D. 6
3. Sebuah neutron, melalui dua titik yang terpisah sejauh 6,0 m dalam waktu $1,8 \times 10^{-4}$ s. Bila dianggap lajunya konstan, energi kinetiknya neutron tersebut jika diketahui massa neutron adalah $1,7 \times 10^{-27}$ kg, adalah joule
- A. $3,9 \times 10^{-19}$
B. $9,3 \times 10^{-19}$
C. $3,3 \times 10^{-19}$
D. $9,9 \times 10^{-19}$
4. Pegas dalam senapan memiliki konstanta 7,0 N/cm. Pegas ditekan sejauh 5,1 cm dari panjang normalnya, dan sebuah bola yang beratnya 0,133 N dimasukkan ke dalam laras sampai bersentuhan dengan pegas. Jika laras diletakkan horizontal dan tidak ada gesekan di dalamnya, laju keluar bola ketika meninggalkan senapan jika pegas dilepaskan adalah ... m/s
- A. 11,6
B. 1,16
C. 116
D. 16,1
5. Sebuah benda bermassa 2 kg terletak di tanah. Benda itu ditarik vertikal ke atas dengan gaya 25 N selama 2 detik, lalu dilepaskan. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, energi kinetik benda pada saat mengenai tanah adalah
- A. 120 J
B. 125 J
C. 100 J
D. 50 J

PENUTUP

Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan disiapkan untuk kegiatan pembinaan karier bagi guru. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi profesional yang harus dicapai guru. Anda dapat belajar dan melakukan kegiatan pembinaan karier guru sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul berupa: kajian materi, percobaan, studi kasus dan latihan soal. Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan akan mengarahkan Anda dan fasilitator agar terbangun kolaborasi dan atmosfer akademik selama proses pendidikan dan pelatihan pada diklat Pembinaan Karier Guru melalui Peningkatan Kompetensi.

Dengan mempelajari modul fisika, diharapkan Anda dapat lebih meningkatkan kompetensi profesional pada lingkup materi sifat mekanika bahan, kesetimbangan benda tegar, gesekan permukaan, usaha, energi dan daya, yang merupakan kompetensi tingkat tiga peningkatan kompetensi guru Mapel Fisika SMA. Pengetahuan tentang fisika memang cukup sulit dipelajari, namun dengan ketekunan secara terus menerus dan kontekstual, materi tersebut begitu indah, teratur, penuh dengan tantangan, fantastis, dan membawa kita untuk mendekati diri kepada yang Maha kuasa.

Untuk pencapaian kompetensi, Anda diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul. Harapan penulis, Anda akan terbantu dalam upaya peningkatan penguasaan materi fisika, khususnya dalam peningkatan pemahaman konsep. Pada akhirnya, peningkatan kompetensi profesionalisme Anda akan berdampak terhadap prestasi belajar siswa melalui implementasi pembelajaran di kelas.

Tak ada gading yang tak retak, tentunya isi modul ini masih jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan saran-saran yang konstruktif untuk perbaikan lebih lanjut. Sekian dan terima kasih, semoga sukses.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Mikrajuddin, 2007, **Fisika Dasar 1**, Catatan Kuliah FI-1101, ITB, Bandung
- Muslih Dadan, 2011, **Modul Mekanika SMA**, PPPPTK IPA, Bandung
- Giancoli 2001, Terjemahan: Yuhilza Hanum, **Fisika Jilid 1**, edisi kelima, Erlangga, Jakarta
- Halliday, Resnick, Terjemahan: Silaban, Pantur, Sucipto, Erwin., 1985, **Fisika, Jilid 1**, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta
- Irawan P Agustinus, 2007, **Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur)**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara, Jakarta.
- Kertiasa, Nyoman, 1993, **Fisika 1 Untuk Sekolah Menengah Umum**, Dikdasmen Depdikbud, Jakarta.
- Mashuri, dkk, 2008, **Fisika –non Teknologi**, Dikdasmen Depdiknas, Jakarta.
- Modul praktik fisika dasar, **Laboratorium Fisika**, Vedca
- Pandiangan Paken, dkk, 2008, **Praktikum Fisika 2**, Universitas Terbuka, Jakarta
- Suhada T Resa. 2009, **Fisika Dasar**, Modul Semester 1 2009/2010, Pusat Pengembangan Bahan Ajar, Universitas Mercu Buana,
- Sumadji, dkk, 1975, **Energi Gelombang Medan 1**, Yayasan Purna Usaha Tama, Jakarta
- Sutrisno. 2003. **Ilmu Fisika 1.**, Jilid 1, Acarya, Bandung
- Tipler, Paul A, Terjemahan: Prasetyo Lea, dkk 1998, **Fisika untuk Sains dan teknik**, , edisi ketiga, Erlangga, Jakarta

GLOSARIUM

Energi	kemampuan melakukan usaha.
Ekstrusi (extruding)	<i>proses pembentukan logam yang bertujuan untuk mereduksi atau mengecilkan penampang dengan cara menekan bahan logam melalui rongga cetakan.</i>
Gaya	tarikan dan dorongan.
Kekuatan (strength)	<i>kemampuan suatu bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam tergantung pada jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir/torsi dan kekuatan lengkung.</i>
Kekerasan (hardness)	kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (<i>wear resistance</i>). Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
Kekenyalan (elasticity)	kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.
Kekakuan (stiffness)	kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi.
Ketangguhan (toughness)	menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
Kelelahan (fatigue)	merupakan kecenderungan dari suatu logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang (<i>cyclic stress</i>) yang besarnya jauh di bawah batas kekuatan elastiknya (<i>yield strength</i>).
Plastisitas (plasticity)	kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis (permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti melalui penempaan (<i>forging</i>), pengerolan/ pencanaian (<i>rolling</i>), dan ekstrusi (<i>extruding</i>). Sifat plastisitas sering juga disebut dengan keuletan (<i>ductility</i>). Bahan yang mampu mengalami deformasi cukup banyak dikatakan sebagai bahan yang memiliki keuletan yang tinggi, bahan yang ulet (<i>ductile</i>), sedangkan bahan yang tidak menunjukkan deformasi plastis dikatakan sebagai bahan yang memiliki keuletan rendah atau getas (<i>brittle</i>).
Penempaan (forging)	<i>proses pembentukan logam secara plastis dengan memberikan gaya tekan pada logam yang akan dibentuk.</i>
Pengerolan/ pencanaian (rolling)	<i>proses pengurangan ketebalan atau proses pembentukan pada benda kerja yang panjang</i>
Melar (creep)	merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tadi menerima beban yang besarnya relatif tetap.
Mekanika	Ilmu fisika yang mempelajari gerak benda dan penyebabnya.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

PETA KOMPETENSI PROFESIONAL GURU MATA PELAJARAN FISIKA SMA

Modul : B

Materi : Sifat Mekanika Bahan, Kesetimbangan Benda Tegar, Gesekan, Usaha, Daya dan Energi

Kompetensi Utama : Professional

Standar Kompetensi Guru		Indikator Esensial/ Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
Kompetensi Inti	Kompetensi Guru Mapel	
b	c	d
20. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.	20.1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika serta penerapannya secara fleksibel.	1. Menentukan nilai Modulus Young suatu bahan
		2. Menentukan pusat massa benda
		3. Menjabarkan Konsep Usaha
		4. Menentukan titik berat atau pusat gravitasi benda
		5. Membedakan gaya konservatif dan gaya non konservatif
	20.2. Memahami proses berpikir fisika dalam mempelajari proses dan gejala alam.	1. Menganalisis elastisitas
		2. Menganalisis Teorema Usaha-Energi
		3. Menguraikan syarat-syarat keseimbangan benda tegar
		4. Mengklasifikasikan jenis-jenis keseimbangan
		5. Menguraikan gesekan statik dan kinetik
	20.3. Menggunakan bahasa simbolik dalam mendeskripsikan proses dan gejala alam.	1. Menyelesaikan soal-soal berkaitan dengan materi sifat mekanika bahan, kesetimbangan, gesekan, usaha, energi, daya dan energi
	20.5. Bernalar secara kualitatif maupun kuantitatif tentang proses dan hukum fisika.	1. Menghitung modulus Volum
		2. Menghitung modulus geser
3. Menghitung Daya dalam aplikasi kehidupan		
4. Menghitung torsi benda tegar		
5. Mengukur rapat massa (massa jenis) benda padat		
6. Menghitung Energi Potensial pada Medan Gravitasi Bumi		
20.12. Merancang eksperimen fisika untuk keperluan pembelajaran atau penelitian.	1. Menentukan konstanta pegas dua pegas yang disusun secara seri dan paralel (campuran)	
	2. Menentukan syarat kesetimbangan	



Standar Kompetensi Guru		Indikator Esensial/ Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
Kompetensi Inti	Kompetensi Guru Mapel	
b	c	d
	20.13. Melaksanakan eksperimen fisika dengan cara yang benar.	1. Mengukur rapat massa benda 2. mampu menentukan Modulus elastisitas Young suatu bahan 3. Menentukan konstanta pegas suatu pegas 4. Menentukan konstanta pegas dari dua pegas yang disusun secara seri 5. Menentukan konstanta pegas dua pegas yang disusun secara paralel 6. Menentukan regangan dan tegangan suatu bahan 7. Menghitung titik berat dari suatu bangun benda 8. menghitung besar momen gaya (torsi) pada suatu kasus. 9. Menyelidiki penjumlahan gaya pada sistem kesetimbangan 10. Memahami gaya gesek 11. Menentukan koefisien gesekan yang terjadi bila terjadi interaksi antar dua buah benda 12. Menghitung koefisien gesekan statis antara balok kayu dan papan peluncur 13. Menentukan Koefisien gesekan pada bidang miring 14. Menentukan koefisien gesekan kinetis 15. Menyelidiki hubungan usaha pada bidang datar 16. Menyelidiki hubungan usaha pada bidang miring 17. Mengukur daya yang dihasilkan oleh siswa yang menaiki tangga 18. Menyelidiki hubungan usaha dengan kekekalan energi mekanik 19. Menyelidiki hukum kekekalan energi 20. Menentukan energi potensial yang dimiliki suatu pegas.

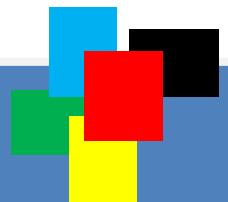


LAMPIRAN 2

**Kisi-Kisi Ujian Sekolah Berstandar Nasional
Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah
Kurikulum 2013 Tahun Pelajaran 2016/2017**

Mata Pelajaran : Fisika

Level Kognitif	Pengukuran dan Kinematika	Dinamika	Usaha dan Energi	Kalor	Gelombang dan Optik	Listrik, Magnet, dan Fisika Modern
Pengetahuan dan pemahaman <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengidentifikasi ▪ Menyebutkan ▪ Menunjukkan ▪ Membedakan ▪ Mengelompokkan ▪ Menjelaskan 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ pengukuran ▪ besaran fisika ▪ vektor ▪ gerak lurus ▪ gerak melingkar ▪ gerak parabola 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gaya ▪ hukum newton ▪ momen gaya ▪ momen inersia ▪ fluida (statik dan dinamik) ▪ gravitasi Newton ▪ gerak harmonik sederhana 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ usaha ▪ impuls ▪ momentum ▪ tumbukan ▪ sumber daya energi 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kalor ▪ perpindahan kalor ▪ teori kinetik gas 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gelombang bunyi ▪ gelombang cahaya ▪ gelombang elektromagnet ▪ elastisitas ▪ pemanasan global ▪ alat optik 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ listrik statis ▪ listrik dinamis ▪ kemagnetan ▪ fisika inti ▪ efek foto listrik ▪ transmisi daya ▪ induksi elektromagnetik
Aplikasi <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengklasifikasi ▪ Menginterpretasi ▪ Menghitung ▪ Mendeskripsikan ▪ Mengurutkan ▪ Membandingkan ▪ Menerapkan ▪ Memodifikasi 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ pengukuran ▪ vektor ▪ gerak lurus ▪ gerak melingkar ▪ gerak parabola 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gaya ▪ hukum newton ▪ momen gaya ▪ momen inersia ▪ keseimbangan benda tegar ▪ titik berat ▪ fluida (statik dan dinamik) ▪ gravitasi Newton ▪ gerak harmonik sederhana 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ usaha ▪ energi ▪ impuls ▪ momentum ▪ tumbukan 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kalor ▪ perpindahan kalor ▪ teori kinetik gas 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gelombang bunyi ▪ gelombang cahaya ▪ gelombang electromagnet ▪ elastisitas 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ listrik statis ▪ listrik dinamis ▪ kemagnetan ▪ fisika inti ▪ efek foto listrik ▪ induksi elektromagnetik
Penalaran <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menemukan ▪ Menyimpulkan ▪ Menggabungkan ▪ Menganalisis ▪ Memecahkan masalah 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ vektor ▪ gerak lurus ▪ gerak melingkar ▪ gerak parabola 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gaya ▪ hukum newton ▪ momen gaya ▪ momen inersia ▪ keseimbangan benda tegar 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ impuls ▪ momentum ▪ tumbukan 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kalor ▪ perpindahan kalor 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gelombang cahaya ▪ pemanasan Global 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ fisika inti ▪ induksi elektromagnetik





LAMPIRAN 3

Kisi-Kisi Ujian Sekolah Berstandar Nasional Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah Kurikulum 2006 Tahun Pelajaran 2016/2017

Mata Pelajaran: Fisika

Level Kognitif	Pengukuran dan Kinematika	Dinamika	Usaha dan Energi	Kalor	Gelombang dan Optik	Listrik, Magnet, dan Fisika Modern
Pengetahuan dan pemahaman <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengidentifikasi ▪ Menyebutkan ▪ Menunjukkan ▪ Membedakan ▪ Mengelompokkan ▪ Menjelaskan 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ pengukuran ▪ besaran fisika ▪ vektor ▪ gerak lurus ▪ gerak melingkar ▪ gerak parabola 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gaya ▪ hukum newton ▪ momen gaya ▪ momen inersia ▪ fluida (statik dan dinamik) ▪ gravitasi Newton ▪ gerak harmonik sederhana 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ usaha ▪ impuls ▪ momentum ▪ tumbukan 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kalor ▪ perpindahan kalor ▪ teori kinetik gas ▪ termodinamika 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gelombang ▪ bunyi ▪ optik fisis ▪ gelombang elektromagnet ▪ elastisitas ▪ alat optik 	Siswa mampu memahami: <ul style="list-style-type: none"> ▪ listrik statis ▪ listrik dinamis ▪ kemagnetan ▪ efek foto listrik ▪ relativitas ▪ teori atom ▪ fisika inti ▪ radioaktivitas
Aplikasi <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengklasifikasi ▪ Menginterpretasi ▪ Menghitung ▪ Mendeskripsikan ▪ Mengurutkan ▪ Membandingkan ▪ Menerapkan ▪ Memodifikasi 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ pengukuran ▪ vektor ▪ gerak lurus ▪ gerak melingkar ▪ gerak parabola 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gaya ▪ hukum newton ▪ momen gaya ▪ momen inersia ▪ keseimbangan benda tegar ▪ titik berat ▪ fluida (statik dan dinamik) ▪ gravitasi Newton ▪ gerak harmonik sederhana 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ usaha ▪ energi ▪ impuls ▪ momentum ▪ tumbukan 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kalor ▪ perpindahan kalor ▪ teori kinetik gas ▪ termodinamika 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gelombang ▪ bunyi ▪ optik fisis ▪ gelombang elektromagnet ▪ elastisitas ▪ alat optik 	Siswa mampu mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ listrik statis ▪ listrik dinamis ▪ kemagnetan ▪ efek foto listrik ▪ relativitas ▪ fisika inti ▪ radioaktivitas
Penalaran <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menemukan ▪ Menyimpulkan ▪ Menggabungkan ▪ Menganalisis ▪ Memecahkan masalah 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ vektor ▪ gerak lurus ▪ gerak melingkar ▪ gerak parabola 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ gaya ▪ hukum newton ▪ momen gaya ▪ momen inersia ▪ keseimbangan benda tegar ▪ gerak harmonik sederhana 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ impuls ▪ momentum ▪ tumbukan 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kalor ▪ perpindahan kalor ▪ termodinamika 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ optik fisis 	Siswa mampu bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> ▪ fisika inti ▪ relativitas

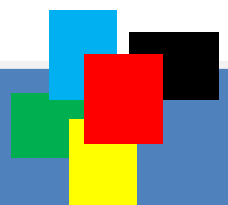


LAMPIRAN 4

KISI-KISI PENULISAN SOAL

Jenis Sekolah :
Mata Pelajaran :
Kurikulum : *KTSP-2006 /K-13*
Alokasi waktu :
Jumlah Soal :
Bentuk Soal : *Pilihan Ganda/Uraian*
Tahun Ajaran :

No.	Kompetensi Dasar	Bahan Kls/ Semester	Konten/Materi	Indikator Soal	Bentuk Soal





LAMPIRAN 5

KARTU SOAL NOMOR 1 (PILIHAN GANDA)

Mata Pelajaran	:
Kelas/Semester	:
Kurikulum	:
Kompetensi Dasar	:
Materi	:
Indikator Soal	:
Level Kognitif	:

Soal:

Kunci/Pedoman Penskoran:

Keterangan:

Soal ini termasuk soal HOTS karena

1.
2.
3.



LAMPIRAN 6

**KARTU SOAL NOMOR 1
(URAIAN)**

Mata Pelajaran :
Kelas/Semester :
Kurikulum :

Kompetensi Dasar	:	
Materi	:	
Indikator Soal	:	
Level Kognitif	:	

Soal:

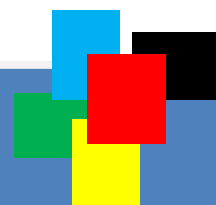
PEDOMAN PENSKORAN

No.	Uraian Jawaban/Kata Kunci	Skor
	Total Skor	

Keterangan:

Soal ini termasuk soal HOTS karena:

1.
2.





LAMPIRAN 7

**INSTRUMEN TELAAH SOAL HOTS
BENTUK TES PILIHAN GANDA**

Nama Pengembang Soal :
Mata Pelajaran :
Kls/Prog/Peminatan :

No.	Aspek yang ditelaah	Butir Soal				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1.	Soal sesuai dengan indikator.					
2.	Soal tidak mengandung unsur SARAPPPK (Suku, Agama, Ras, Anatargolongan, Pornografi, Politik, Propopaganda, dan Kekerasan).					
3.	Soal menggunakan stimulus yang menarik (baru, mendorong peserta didik untuk membaca).					
4.	Soal menggunakan stimulus yang kontekstual (gambar/grafik, teks, visualisasi, dll, sesuai dengan dunia nyata)*					
5.	Soal mengukur level kognitif penalaran (menganalisis, mengevaluasi, mencipta). Sebelum menentukan pilihan, peserta didik melakukan tahapan-tahapan tertentu.					
6.	Jawaban tersirat pada stimulus.					
7.	Pilihan jawaban homogen dan logis.					
8.	Setiap soal hanya ada satu jawaban yang benar.					
B. Konstruksi						
8.	Pokok soal dirumuskan dengan singkat, jelas, dan tegas.					
9.	Rumusan pokok soal dan pilihan jawaban merupakan pernyataan yang diperlukan saja.					
10.	Pokok soal tidak memberi petunjuk ke kunci jawaban.					
11.	Pokok soal bebas dari pernyataan yang bersifat negatif ganda.					
12.	Gambar, grafik, tabel, diagram, atau sejenisnya jelas dan berfungsi.					
13.	Panjang pilihan jawaban relatif sama.					
14.	Pilihan jawaban tidak menggunakan pernyataan "semua jawaban di atas salah" atau "semua jawaban di atas benar" dan sejenisnya.					
15.	Pilihan jawaban yang berbentuk angka/waktu disusun berdasarkan urutan besar kecilnya angka atau kronologisnya.					
16.	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal lain.					
C. Bahasa						
17.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia, untuk bahasa daerah dan bahasa asing sesuai kaidahnya.					
18.	Tidak menggunakan bahasa yang berlaku setempat/tabu.					
19.	Soal menggunakan kalimat yang komunikatif.					
20.	Pilihan jawaban tidak mengulang kata/kelompok kata yang sama, kecuali merupakan satu kesatuan pengertian.					

*) Khusus mata pelajaran bahasa dapat menggunakan teks yang tidak kontekstual (fiksi, karangan, dan sejenisnya).

**) Pada kolom nomor soal diisi tanda silang (X) bila soal tersebut tidak memenuhi kaidah.

.....,,,,
Penelaah
.....
NIP.



LAMPIRAN 8

**INSTRUMEN TELAAH SOAL HOTS
BENTUK TES URAIAN**

Nama Pengembang Soal :
Mata Pelajaran :
Kls/Prog/Peminatan :

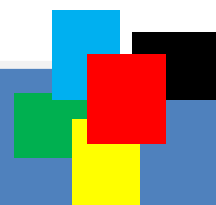
No.	Aspek yang ditelaah	Butir Soal				
		1	2	3	4	5
A.	Materi					
1.	Soal sesuai dengan indikator (menuntut tes tertulis untuk bentuk Uraian).					
2.	Soal tidak mengandung unsur SARAPPPK (Suku, Agama, Ras, Anatargolongan, Pornografi, Politik, Propopaganda, dan Kekerasan).					
3.	Soal menggunakan stimulus yang menarik (baru, mendorong peserta didik untuk membaca).					
4.	Soal menggunakan stimulus yang kontekstual (gambar/grafik, teks, visualisasi, dll, sesuai dengan dunia nyata)*					
5.	Soal mengukur level kognitif penalaran (menganalisis, mengevaluasi, mencipta). Sebelum menentukan pilihan, peserta didik melakukan tahapan-tahapan tertentu.					
6.	Jawaban tersirat pada stimulus.					
B.	Konstruksi					
6.	Rumusan kalimat soal atau pertanyaan menggunakan kata-kata tanya atau perintah yang menuntut jawaban terurai.					
7.	Memuat petunjuk yang jelas tentang cara mengerjakan soal.					
8.	Ada pedoman penskoran/rubrik sesuai dengan kriteria/kalimat yang mengandung kata kunci.					
9.	Gambar, grafik, tabel, diagram, atau sejenisnya jelas dan berfungsi.					
10.	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal lain.					
C.	Bahasa					
11.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia, untuk bahasa daerah dan bahasa asing sesuai kaidahnya.					
12.	Tidak menggunakan bahasa yang berlaku setempat/tabu.					
13.	Soal menggunakan kalimat yang komunikatif.					

*) Khusus mata pelajaran bahasa dapat menggunakan teks yang tidak kontekstual (fiksi, karangan, dan sejenisnya).

***) Pada kolom nomor soal diisikan tanda silang (X) bila soal tersebut tidak memenuhi kaidah.

.....
Penelaah

.....
NIP.



MODUL
PENGEMBANGAN KEPROFESIAN
BERKELANJUTAN
FISIKA SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN
KARAKTER



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

facebook.com/p4tkipaInfo 

p4tkipa.org 
youtube.com/pppptkipa 

p4tkipa@yahoo.com 
022 4265127 - 70417266 

Jl. Diponegoro No. 12 
Bandung - Jawa Barat
022 4231191 