

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA
BERBASIS METAKOGNISI PADA MATERI POKOK
ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK
SEDERHANA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program studi Pendidikan Fisika



diajukan oleh:
Affa Ardhi Saputri
08690043

Kepada

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2013**



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1792/2013

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Affa Ardhi Saputri
NIM : 08690043
Telah dimunaqasyahkan pada : 29 Mei 2013
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Winarti, M.Pd.Si
NIP.19830315 200901 2 010

Penguji I

Widayanti, M.Si
NIP.19760526 200604 2 005

Penguji II

Daimul Hasanah, M.Pd.

Yogyakarta, 19 Juni 2013
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919 198603 1 002



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Affa Ardhi Saputri

NIM : 08690043

Judul skripsi : Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

Sudah dapat diajukan kembali kepada Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Mei 2013

Pembimbing

Winarti, M.Pd.Si

NIP. 19830315 200901 2010

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Affa Ardhi Saputri
NIM : 08690043
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi yang berjudul:

**“PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK
SEDERHANA”**

adalah hasil pekerjaan penulis sendiri dan sepanjang pengetahuan penulis tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, dan atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian Tugas Akhir di Perguruan Tinggi lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Mei 2013

Yang Menyatakan,



Affa Ardhi Saputri
08690043

MOTTO

Man 'arofa nafsahu 'arofa Robbahu
Siapa yang mengenal dirinya maka Ia akan Mengenal
Tuhannya (H.R Bukhari Muslim).

Kehidupan itu seperti ketika kita menaiki sepeda,
agar tetap bisa berjalan dengan seimbang
kita harus mengayuhnya terus (Albert Einstein).

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk

Mutiara terindahku:

Bapak Ibu tercinta (Priyatno dan Tri Lastriyati) terimakasih untuk semua doa, motivasi, dan dukungan baik material maupun spiritual; Adik semata wayang (Barid Ardhi Putra Alyusfi) terimakasih telah menjadi portal dunia anak saat jemu melanda; dan Mbah putri (Nokimah) yang akan selalu kurindukan petuah-petuahnyanya. Film bukanlah sebuah film jika tidak ada pemeran pendukung. Seperti halnya film, aku bukan siapa-siapa tanpa kalian. Terimakasih Tinem, Nj, Nina, Yeni, Meydia, Arum, Fatma, teh Fitri, Haqi, Adib, Ipul, Anip, dan teman-teman seperjuangan p.fis 2008 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, keluarga kos Ash-Shaff (mb. Lia, mb. Uuz, mb. Dj, mb. Hindun, mb. Fina, Izah, Iis, Mey), kos B9 (Novita, mb. Ria, Putri, Riris, Ndut, mb. Rahma), kos Pedak Baru (Rahmi, mb. Na, Zulfi), kontrakan Pak Agung (mb. Marni, mb. Dwi, Arfi, Arin), keluarga besar simbah Tumplak, dan mas Wahid sekeluarga.

Almamater tercintaku:

Program Studi Pendidikan Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta kemudahan-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju jalan yang lurus dan diridhoi-Nya.

Penyusunan skripsi dari awal sampai selesai tidak akan terlaksana tanpa adanya kerjasama, bantuan, bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dukungan berupa material maupun spiritual.
2. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Joko Purwanto, M.Sc selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Winarti, M.Pd.Si selaku Pembimbing, terimakasih atas waktu, tenaga, dan pikiran yang telah diberikan untuk memberikan pengarahan, bimbingan, semangat, dan ilmu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Nita Handayani. M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik dan validator produk, yang selalu meluangkan waktu untuk memberikan nasehat, masukan, dan motivasi dalam menyelesaikan kewajiban akademis.

6. Jamil Suprihatiningrum, M.Pd.Si selaku validator instrumen penelitian, tanpa bantuan Ibu penelitian tidak dapat berjalan dengan lancar.
7. Daimul Hasanah, M.Pd dan Oki Mustava, M.Pd.Si selaku ahli materi, yang dengan sabar dan telaten menilai produk ini, serta memberikan masukan yang membangun.
8. Prof. Suparwoto, M.Pd dan Rachmad Resmiyanto, S.Si selaku ahli media yang telah meluangkan waktu untuk membaca dan menilai produk serta memberi masukan yang membangun.
9. Drs. Chotibul Umam, M.Pd, M.Si, Akhmad Anif Sulton, M.Pd, dan Dra Hartini selaku Guru Fisika di MAN Temanggung, terimakasih telah memberikan bimbingan, penilaian, dan masukan.
10. Keluarga besar pendidikan fisika, dosen-dosen UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan sebagian ilmunya kepada penyusun.

Demikian pengantar yang dapat penyusun sampaikan. Skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Harapan penyusun semoga skripsi ini bermanfaat bagi pendidikan Indonesia pada umumnya dan MAN Temanggung pada khususnya. Amin.

Yogyakarta, 20 Mei 2013

Penyusun,

Affa Ardhi Saputri

08690043

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR DIAGRAM	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Identifikasi Masalah	8
C. Pembatasan Masalah	9
D. Rumusan Masalah	9
E. Tujuan Penelitian	9
F. Manfaat Penelitian	10
G. Definisi Istilah	10

BAB II LANDASAN TEORI

A. Kajian Teori	12
1. Pembelajaran Fisika Berbasis Metakognisi	12
2. Metakognisi	13
3. Pentingnya Penerapan Metakognisi	21
4. Modul	24
5. Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	30
B. Kajian Penelitian yang Relevan	52
C. Kerangka Berpikir	55

BAB III METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan	58
B. Prosedur Pengembangan	59
C. Penilaian dan Uji Coba Produk	65
1. Desain Validasi dan Penilaian Produk	65
2. Subjek Validasi dan Penilai Produk	65
3. Desain Uji Coba	65
4. Subjek Uji Coba	65
5. Jenis Data	66
6. Instrumen Pengumpulan Data	67
7. Teknik Analisis Data	68

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	71
1. Produk Pengembangan	71

2. Validasi dan Penilaian Produk	73
3. Hasil Uji Coba Terbatas dan Uji Coba Luas	78
B. Pembahasan	80
1. Validasi Produk	80
2. Penilaian Produk	81
3. Uji Coba Terbatas dan Uji Coba Luas	84
4. Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	86
5. Revisi Produk	87
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	99
B. Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN	105

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Aturan Pemberian Skor Penilaian Modul	68
Tabel 3.2	Kriteria Kategori Penilaian Produk	69
Tabel 3.3	Aturan Pemberian Skor Respon Siswa	70
Tabel 4.1	Tanggapan Siswa terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana pada Uji Coba Terbatas	79
Tabel 4.2	Tanggapan Siswa terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana pada Uji Coba Luas	79
Tabel 4.3	Masukan Validator untuk Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	87
Tabel 4.4	Masukan Penilai untuk Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	93
Tabel 4.5	Masukan Siswa untuk Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perubahan bentuk benda akibat pengaruh suatu gaya	31
Gambar 2.2	Grafik perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium	32
Gambar 2.3	Kurva elastisitas bahan	34
Gambar 2.4	Pegas disusun secara seri	36
Gambar 2.5	Pegas disusun secara paralel	37
Gambar 2.6	Kurva perubahan gaya $\vec{F}$ terhadap x	38
Gambar 2.7	Kurva perubahan gaya $\vec{F}$ terhadap x setelah dipartisi menjadi bagian-bagian yang kecil	38
Gambar 2.8	Gaya yang diperlukan untuk meregangkan pegas ideal sebanding dengan perpanjangannya ($\vec{F} = kx$)	39
Gambar 2.9	Grafik hubungan antara energi potensial elastis pegas dan energi kinetik pegas	40
Gambar 2.10	Grafik fungsi sinus dan cosinus	45
Gambar 2.11	Gaya yang bekerja pada bandul sederhana	46
Gambar 2.12	Proyeksi gerak melingkar beraturan terhadap sumbu y	48
Gambar 3.1	Bagan prosedur penelitian	64
Gambar 4.1a	Peta konsep sebelum direvisi	88
Gambar 4.1b	Peta konsep setelah direvisi	89
Gambar 4.2a	Eksperimen einstein sebelum direvisi	90
Gambar 4.2b	Eksperimen einstein setelah direvisi	90

Gambar 4.3a	Persamaan dan konsep penting sebelum direvisi	91
Gambar 4.3b	Persamaan dan konsep penting setelah direvisi	91
Gambar 4.4	Perbandingan cover modul sebelum dan setelah revisi I	92
Gambar 4.5	Cover akhir modul	98

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 4.1	Persentase ideal modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana oleh ahli materi	75
Diagram 4.2	Persentase ideal modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana oleh ahli media	76
Diagram 4.3	Persentase ideal modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana oleh guru fisika SMA/MA	78
Diagram 4.4	Perbandingan tanggapan siswa pada uji terbatas dan uji luas terhadap modul fisikan berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana	80
Diagram 4.5	Perbandingan penilaian modul fisikan berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana oleh ketiga ahli	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Keterangan Penelitian	105
Lampiran 2	Indikator Kemampuan Metakognisi untuk Fisika	106
Lampiran 3	Rubrik Komponen Metakognusu pada Modul	108
Lampiran 4	Validasi Instrumen Penelitian	109
Lampiran 5	Data Validator dan Penilai Produk	113
Lampiran 6	Lembar Masukan Validasi Produk	114
Lampiran 7	Kisi-kisi Instrumen Penelitian Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	115
Lampiran 8	Lembar Penilaian Ahli Materi	118
Lampiran 9	Lembar Penilaian Ahli Media	122
Lampiran 10	Lembar Penilaian Guru Fisika SMA/MA	126
Lampiran 11	Daftar Nama Siswa Uji Coba Terbatas dan Uji Coba Luas	132
Lampiran 12	Tabulasi Data Hasil Penilaian Ahli Materi	133
Lampiran 13	Tabulasi Data Hasil Penilaian Ahli Media	135
Lampiran 14	Tabulasi Data Hasil Penilaian Guru Fisika SMA/MA	138
Lampiran 15	Data Respon Siswa Uji Coba Terbatas	142
Lampiran 16	Data Respon Siswa Uji Coba Luas	145
Lampiran 17	Produk Akhir	152
Lampiran 18	Curriculum Vitae	261

PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA

Affa Ardhi Saputri

ABSTRAK

Metakognisi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi prestasi akademik, sehingga sangat penting keberadaannya dalam setiap kegiatan belajar siswa. Akan tetapi, kegiatan belajar di kelas terbatas dalam menerapkan metakognisi siswa. Padahal, kemampuan metakognisi yang dimiliki siswa masih rendah. Guru dan siswa membutuhkan media belajar berbasis metakognisi untuk mengatasi keterbatasan penerapan metakognisi di kelas. Salah satu materi yang potensial dikembangkan dengan metakognisi adalah elastisitas dan gerak harmonik sederhana. Berdasarkan kenyataan tersebut dibutuhkan modul fisika berbasis metakognisi yang dapat membantu mengaktifkan metakognisi siswa dan digunakan secara mandiri dengan atau tanpa guru. Penelitian ini bertujuan untuk 1) menghasilkan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana; 2) mengetahui kualitas modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana; dan 3) mengetahui respon siswa terhadap modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

Penelitian ini merupakan penelitian *R & D* dengan model prosedural yang mengadaptasi prosedur pengembangan perangkat model 4-D, yakni *define, design, develop, dan disseminate*. Instrumen penelitian berupa skala penilaian kualitas modul menggunakan skala Likert yang dibuat dalam bentuk *checklist*. Instrumen untuk respon siswa berupa skala tanggapan siswa menggunakan skala Guttman yang dibuat dalam bentuk *checklist*.

Hasil penelitian ini antara lain: 1) telah dihasilkan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana; 2) kualitas modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana adalah sangat baik (SB) dengan persentase 93,75% berdasarkan ahli materi, 95,63% berdasarkan ahli media, dan 80,25% berdasarkan guru fisika SMA/MA; 3) respon siswa terhadap modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana mencapai persentase sebesar 87,58% pada uji coba terbatas dan 82,99% pada uji coba luas.

Kata Kunci: modul fisika, metakognisi, elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Sejak tahun 2000 penelitian pendidikan fisika berfokus pada bagaimana proses siswa mengkonstruksi pengetahuan yang dimilikinya (Rebello & Zollman, 2005: 15). Salah satu faktor yang berperan dalam konstruksi pengetahuan adalah metakognisi. Metakognisi diakui sebagai variabel yang penting untuk pembelajaran (Dosoete, 2007: 708). Kemampuan metakognisi dapat meningkatkan kapasitas belajar yang penuh makna, membentuk serta mempengaruhi konstruksi pemahaman siswa (Anderson & Nashon, 2006: 299). Berdasarkan pengkajian terhadap 179 penelitian tentang prestasi belajar, Chun Yi Shen & Hsiu Chuan Liu (2011: 104) mengemukakan bahwa metakognisi menduduki peringkat pertama dari 200 faktor yang mempengaruhi hasil pendidikan. Mereka menunjukkan bahwa metakognisi adalah kemampuan untuk mengaitkan pesan penting dengan pengetahuan sebelumnya, menarik kesimpulan, dan memantau atau menilai kinerja pribadi yang ditunjukkan ketika proses belajar. Selain itu, pembelajaran berbasis metakognisi membantu penyelesaian masalah secara efektif (Davidson, Deuser, & Stenberg dalam Manavipour, 2012: 1) dan membantu menyusun konsep yang tepat (Georghiades, 2000: 127).

Metakognisi adalah pengetahuan tentang kognisi, secara umum dapat dikatakan sebagai kesadaran dan pengetahuan tentang kognisi diri seseorang (Anderson & Kathwohl, 2010: 82), atau disebut juga sebagai proses berpikir

tentang berpikir mereka sendiri dalam rangka membangun strategi untuk memecahkan masalah (O Neil & Brown, dalam Usman Mulbar, 2008: 2).

Sedangkan Livingston (1997 :1) menyatakan:

“Metacognition refers to higher order thinking which involves active control over the cognitive processes engaged in learning. Activities such as planning how to approach a given learning task, monitoring comprehension, and evaluating progress toward the completion of a task are metacognitive in nature”

Anderson & Kathwohl (2010: 50-51) memasukkan metakognisi ke dalam *high-level* proses kognitif yang merupakan tujuan akhir dari pembelajaran. Tujuan akhir dari pembelajaran adalah menyampaikan pengetahuan, meningkatkan kemampuan siswa untuk merencanakan dan memonitor, bahkan mereorganisasi strategi pembelajarannya sendiri (Chun Yi Shen & Hsiu Chuan Liu, 2011: 140). Dengan kata lain tujuan pembelajaran adalah menciptakan manusia yang kreatif, mandiri, mampu menyusun konsep, dan pengetahuannya sendiri. Hal ini sesuai dengan tujuan pendidikan nasional dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 yang menyatakan bahwa pendidikan nasional bertujuan untuk mengembangkan potensi siswa agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Pentingnya metakognisi dalam pembelajaran didukung pula dengan Permendiknas Nomor 41 Tahun 2007 tentang standar proses yang menyatakan bahwa dalam kegiatan pembelajaran, guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk dapat memahami, merancang, memecahkan masalah, mengetahui

bagaimana cara dan mengapa melakukan hal tersebut, menganalisis, memonitor, mengevaluasi, dan mengembangkan pemahaman konsepnya. Seluruh rangkaian kegiatan di atas merupakan bagian dari metakognisi.

Seiring dengan perkembangan psikologi kognitif, maka berkembang pula cara guru dalam mengevaluasi pencapaian hasil belajar, terutama untuk domain kognitif. Akan tetapi, saat ini dalam mengevaluasi pencapaian hasil belajar guru hanya memberikan penekanan pada tujuan kognitif tanpa memperhatikan dimensi proses kognitif, khususnya pengetahuan metakognitif dan pengalaman metakognitif (Usman Mulbar, 2008: 2). Akibatnya pembelajaran di kelas terfokus pada penguasaan kognisi siswa dan cenderung mengabaikan upaya-upaya memperkenalkan metakognisi kepada siswa. Padahal, kemampuan metakognisi sangat penting untuk proses belajar siswa terutama dalam pembelajaran fisika.

Fisika merupakan sains atau ilmu pengetahuan paling fundamental karena merupakan dasar dari semua bidang sains (Tipler, 1998: 1-2). Fisika berhubungan dengan materi dan energi; hukum-hukum yang mengatur gerakan partikel dan gelombang; interaksi antar partikel; sifat-sifat molekul, atom, dan inti; dan sistem-sistem berskala lebih besar seperti gas, cair, dan padat. Hollabaugh dalam Sears & Zemansky (2002: xii) menyatakan fisika meliputi hal yang besar dan yang kecil, yang lama dan yang baru. Dari atom sampai galaksi, dari rangkaian listrik ke aerodinamika, fisika menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari. Pendapat tersebut menekankan bahwa fisika sangat penting untuk dipelajari. Akan tetapi, fisika dianggap sebagai salah satu

mata pelajaran yang sulit oleh sebagian besar siswa. Hal ini dikarenakan fisika membutuhkan matematika yang rumit (Nashon, dalam Campbell, 2007: 3); materi yang terlalu banyak, bergantung pada buku teks, abstrak dan kompleks (Sheppard dan Robin, dalam Campbell, 2007: 4); membutuhkan kegiatan laboratorium dan sering terjadi miskonsepsi (Heller & Heller, 1999: 12).

Berdasarkan karakteristik fisika, belajar fisika bukan hanya mencari jalan penyelesaian dari persamaan, tetapi juga belajar mendeskripsikan, belajar tentang suatu fenomena, dan memahami sistem fisika. Siswa membutuhkan kognisi yang lebih dari sekedar kognisi. Mereka membutuhkan pengetahuan tentang apa yang diketahui dan tidak diketahui, bagaimana memecahkan masalah, membuat perencanaan pemecahan masalah, membuat tahap-tahap pemecahan masalah, memberi alasan mengapa melakukan pemecahan masalah dengan cara yang ditempuhnya, memonitor proses belajar dan kemajuannya ke arah tujuan saat melaksanakan rencana, serta mengevaluasi apa yang sudah dilakukan (Tolga Gok, 2010: 116). Proses-proses tersebut merupakan proses metakognisi. Metakognisi membantu siswa mengkonstruksi pengetahuan, mengaplikasikan konsep fisika, menyelesaikan permasalahan fisika, dan memperdalam konsep fisika. Kipnis dan Hofstein dalam Simanjuntak (2012: 10) menyatakan pada pembelajaran sains ditemukan bahwa proses-proses metakognisi memberikan pelajaran yang penuh arti atau belajar dengan mengembangkan pemahaman.

Hasil wawancara terhadap guru fisika di MAN Temanggung menunjukkan bahwa proses belajar mengajar fisika di kelas belum

menerapkan upaya pengenalan metakognisi secara optimal. Menurut guru metakognisi merupakan hal yang sulit untuk diakses meskipun diakui sangat penting keberadaannya. Guru mengalami kesulitan dalam menerapkan metakognisi secara konsisten di dalam kelas. Penyebab utamanya adalah tuntutan yang diberikan kepada guru agar mampu membawa semua siswa mencapai target ketuntasan materi fisika, sedangkan waktu belajar/kegiatan tatap muka di dalam kelas terbatas. Sehingga, fokus kegiatan belajar mengajar seringkali didominasi oleh penyampaian informasi sebanyak-banyaknya, tanpa memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri. Joyce dan Marsha (1996: 51) menyebutkan bahwa dalam metakognisi ada proses *“letting the student in on the secret”* sehingga siswa dapat membangun sendiri pengetahuan dan kemampuan mereka, memutuskan strategi belajar apa yang akan digunakan, pemecahan masalah, dan menemukan sendiri ilmu yang akan dipelajari. Berdasarkan hasil wawancara tersebut dapat disimpulkan bahwa guru mengalami kesulitan untuk menerapkan metakognisi pada pembelajaran fisika, sehingga metakognisi sangat terbatas penerapannya dalam kegiatan belajar siswa di kelas.

Permasalahan di atas menjadi semakin besar ketika mengetahui hasil observasi kegiatan belajar siswa di kelas yang menunjukkan kurangnya metakognisi siswa. Siswa hanya terfokus pada menghafal rumus serta definisi-definisi penting dan mengabaikan esensi fisika yang sesungguhnya. Hal ini terbukti ketika diberikan soal serupa tapi berbeda, banyak siswa kesulitan mengerjakannya. Ketika diberikan persamaan dalam bentuk yang berbeda

tetapi esensinya sama, siswa tampak bingung bahkan menganggap persamaan tersebut salah sehingga membutuhkan waktu untuk menjelaskan kembali. Kenyataan tersebut menunjukkan bahwa kemandirian siswa untuk belajar masih kurang. Kesadaran untuk mengetahui seberapa besar pengetahuannya serta mengontrol aktivitas kognisinya masih rendah.

Berdasarkan analisis berbagai permasalahan di atas guru dan siswa di MAN Temanggung membutuhkan media belajar berbasis metakognisi untuk mengatasi keterbatasan penerapan metakognisi dalam kegiatan belajar di kelas. Media belajar tersebut juga harus mampu digunakan secara mandiri oleh siswa sehingga tanpa guru pun mereka dapat melakukan kegiatan belajar sendiri. Sehingga, dimanapun dan kapanpun siswa melakukan kegiatan belajar dapat mengaktifkan metakognisinya. Dengan demikian, intensitas penggunaan metakognisi akan meningkat dan teraktifkan setiap kali siswa melaksanakan kegiatan belajar.

Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan secara mandiri adalah modul. Modul merupakan bahan ajar berbentuk media cetak yang dirancang untuk dipelajari sendiri oleh siswa. Modul disebut juga media untuk belajar mandiri karena di dalamnya telah dilengkapi petunjuk untuk belajar sendiri. Artinya, pembaca dapat melakukan kegiatan pembelajaran tanpa kehadiran pengajar secara langsung (Surya Dharma, 2008: 3). Modul berbasis metakognisi dapat digunakan sebagai alternatif media belajar berbasis metakognisi yang mampu mengatasi keterbatasan ruang dan waktu belajar.

Akan tetapi, guru di MAN Temanggung belum pernah mengembangkan modul fisika berbasis metakognisi.

Tinjauan materi, fasilitas serta sarana dan prasarana di MAN Temanggung mendapatkan kesimpulan bahwa elastisitas dan gerak harmonik sederhana merupakan materi fisika yang sangat potensial jika diterapkan metakognisi. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor terkait dengan karakteristik materi dan minat siswa terhadap materi. Elastisitas dan gerak harmonik sederhana tidak membutuhkan penurunan persamaan yang rumit seperti kinematika gerak dengan analisis vektor. Sehingga, penyampaian materi dapat dilaksanakan secara seimbang antara analisis fisis dan matematis. Banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari yang dapat digali dari materi ini sehingga siswa lebih mudah mengidentifikasi dan membentuk pengetahuan dari peristiwa yang dialaminya sehari-hari. Materi ini juga dapat disajikan dalam berbagai metode dan strategi, terutama dikemas dalam kegiatan laboratorium. Selain itu, minat siswa terhadap materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana sangat besar. Sangat disayangkan ketika terdapat materi yang potensial untuk menerapkan metakognisi, tetapi belum dilaksanakan secara maksimal di MAN Temanggung.

Kesimpulan yang dapat diambil dari uraian di atas adalah perlu dikembangkan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana. Pengembangan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana ini dimaksudkan untuk membantu guru dalam menerapkan

metakognisi pada kegiatan belajar, mengatasi keterbatasan ruang dan waktu belajar, serta membantu siswa mengasah metakognisinya sesuai dengan kecepatan belajar masing-masing.

B. Identifikasi Masalah

Sebagai dasar dalam penelitian ini, telah teridentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Metakognisi kurang mendapat perhatian dari guru. Sejauh ini guru lebih banyak terfokus pada penguasaan kognisi siswa.
2. Guru membutuhkan media belajar berbasis metakognisi untuk mengatasi keterbatasan penerapan metakognisi pada kegiatan belajar di kelas.
3. Siswa membutuhkan media belajar berbasis metakognisi untuk membantu mengaktifkan metakognisinya.
4. Siswa membutuhkan modul berbasis metakognisi yang dapat digunakan secara mandiri dengan atau tanpa guru.
5. Metakognisi sangat potensial diterapkan pada materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana. Akan tetapi, penerapan metakognisi pada materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana belum dilakukan secara maksimal.
6. Belum ada modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana sebagai media belajar berbasis metakognisi.

C. Pembatasan Masalah

1. Kemampuan metakognisi yang digunakan dibatasi pada pengetahuan metakognitif dan pengalaman metakognitif
2. Tahap pengembangan dibatasi sampai pada tahap *Develop*.

D. Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Seperti apakah modul fisika berbasis metakognisi yang akan dihasilkan untuk materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana kelas XI SMA/MA?
2. Bagaimana kualitas modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana menurut penilaian ahli materi, ahli media, dan guru fisika SMA/MA?
3. Bagaimana respon siswa terhadap modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana?

E. Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana.
2. Mengetahui kualitas modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana.
3. Mengetahui respon siswa terhadap modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

F. Manfaat Penelitian

Pentingnya pengembangan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana antara lain:

1. Bagi guru, sebagai alternatif media belajar untuk pembelajaran fisika yang mampu mengatasi keterbatasan penerapan metakognisi pada kegiatan belajar di kelas.
2. Bagi siswa, sebagai media belajar mandiri yang digunakan untuk belajar dengan atau tanpa guru sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar masing-masing, sebagai alternatif pembelajaran yang mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, dan membantu mengaktifkan metakognisinya dalam setiap kegiatan belajar.
3. Bagi peneliti lain, sebagai bahan informasi untuk mengadakan penelitian lebih lanjut seperti efektivitas penggunaan modul fisika berbasis metakognisi dan pengembangan penilaian metakognisi siswa.

G. Definisi Istilah

Untuk memudahkan dalam memahami istilah metakognisi dan menghindari kesalahan penafsiran, diberikan definisi istilah metakognisi. Metakognisi yang dimaksud dalam penelitian ini merujuk pada indikator metakognisi sebagai berikut:

1. Indikator menurut Jacob:
 - a. Pengetahuan metakognitif: mengidentifikasi sifat atau ciri masalah fisika, mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya, menggunakan pengalaman

sehari-hari (kontekstual), memuat kegiatan elaborasi, dan penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar.

- b. Pengalaman metakognitif: merencanakan aktivitas belajar, memuat kegiatan refleksi siswa, dan merangkum informasi yang sudah dipelajari.

2. Indikator Menurut Simon dan Brown

- a. Pengetahuan metakognitif: memberi contoh, mengetahui perbedaan, mengetahui perbandingan antara yang satu dengan yang lain, mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan, dan mengetahui alasan mengapa melakukan sesuatu.
- b. Pengalaman metakognitif: memprediksi jawaban sementara dari masalah yang dihadapi sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut, mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah, mengecek jawaban dari hasil penyelidikan, memperbaiki kesalahan, menilai pencapaian tujuan, dan membuat kesimpulan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dikembangkan produk berupa modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana. Modul berisi materi fisika tingkat SMA/MA yang di dalamnya memuat kemampuan metakognisi yang mengacu pada dua komponen metakognisi yaitu pengetahuan metakognitif dan pengalaman metakognitif.
2. Kualitas modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana sangat baik (SB) berdasarkan penilaian 2 ahli materi dengan persentase 93,75% dari skor ideal, sangat baik (SB) berdasarkan penilaian 2 ahli media dengan persentase 95,63% dari skor ideal, dan sangat baik (SB) dengan persentase 80,25% dari skor ideal berdasarkan penilaian 3 orang guru fisika SMA/MA.
3. Respon siswa terhadap modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana memperoleh persentase sebesar 87,58% dari skor ideal pada uji coba terbatas dan 82,99% dari skor ideal pada uji coba luas.

B. Saran

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan media pembelajaran. Perlu dilakukan tindak lanjut untuk memperoleh media belajar berbasis metakognisi yang baik dan lebih berkualitas. Oleh karena itu, penulis menyarankan :

1. Sampul modul dibuat lebih menarik, dengan gradasi warna yang sesuai dengan karakter dan psikologis siswa SMA.
2. Penyampaian materi secara kontekstual lebih ditekankan semaksimal mungkin.
3. Identifikasi sifat dan ciri permasalahan fisika dibuat semenarik mungkin agar siswa tidak jenuh membacanya.
4. Modul harus diperkaya dengan ilustrasi dan gambar yang mendukung.
5. Penggunaan kata diupayakan seefektif mungkin agar pesan dapat sampai kepada pembaca dan tidak memakan tempat.
6. Sebaiknya dikembangkan pula dengan perangkat penilaian metakognisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, S. & Khoiru, I. (2010). *Proses Pembelajaran Inovasi dan Kreatif dalam Kelas*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Anderson, D. & Nashon, S. (2006). *Predators of Knowledge Construction: Interpreting Students' Metacognition in an Amusement Park Physics Program*. Wiley Periodicals, Inc. *Science Education* DOI 10.1002/sce.
- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (2010). *Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Asesmen (Revisi Taksonomi Pendidikan Bloom)*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Budi Purwanto. (2007). *Fisika Dasar 2 Teori dan Implementasinya*. Solo: PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Campbell, J. (2007). *Using Metacogs to Collaborate with Students to Improve Teaching and Learning in Physics*. *Educational Insights* Volume 11, Number 2.
- Chun Yi Shen & Hsiu Cuan Liu. (2011). *Metacognitive Skills Development: A Web-Based Approach in Higher Education*. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, Volume 10 Issue 2.
- Coutinho, S. A. (2007). *The Relationship between Goals, Metacognition, and Academic Success*. *Educate-Vol. 7, No. 1, 2007*, pp. 39-47.
- Depdiknas. (2008). *Penulisan Modul*. Jakarta: Ditjen PMPTK.
- Desoete, A., Roeyers, H., dan Buysse, A. (2001). *Metacognition and Mathematical Problem Solving in Grade 3. Journal of Learning Disabilities*. 34, (5), 435-449.
- Dikti. 2008. *Pengembangan Bahan Ajar*. Dalam sosialisasi KTSP.
- Djemari Mardapi. (2004). *Penyusunan Tes Hasil Belajar*. Yogyakarta: Pasca Sarjana UNY.
- Djoko Nugroho. (2009). *Mandiri Mengasah Kemampuan Diri Fisika Seri Buku Soal*. Jakarta: Erlangga.
- Dosoete, A. (2007). *Evaluating and Improving The Mathematics Teaching-Learning Process Through Metacognition*. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*. 5, (13), 705-730.

- E.P. Wido yoko. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Fowles, Grant R. (1986). *Analytical Mechanics Fourth Edition*. USA: CBS College Publishing.
- Georghiades, P. (2000). *Beyond Conceptual Change Learning in Science Education: Focusing on Transfer, Durability and Metacognition*. *Educational Research*, 42 (2), 119-139.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 1, Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Gok, T. (2010). *The General Assessment of Problem Solving Proscesses and Metacognition in Physics Education*. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education* 2(2): 110-122, 2010.
- Halliday, D. & Resnick, R. (1984). *Fisika Edisi Ketiga, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Heller, K., & Heller, P. (1999). *Problem-Solving Laboratories*. Cooperative Group problem-solving in physics. University of Minnesota.
- Joyce, Bruce dan Marsha Weil. 1996. *Models of Teaching*. New York: Prentice-Hal.
- Kuntjojo. 2009. *Metakognisi dan Keberhasian Belajar Peserta Didik*. Diambil pada tanggal 5 februari 2012 dari <http://ebekunt.wordpress.com/2009/04/12/metakognisi-dan-keberhasilan-belajar-peserta-didik/>.
- Livingston, J. (1997). *Metacognition: An Overview*. Diambil pada tanggal 5 februari 2012, dari <http://gse.buffalo.edu/fas/shuell/CEP564/Metacog.htm>.
- Malone, L.K. (2007). *The Convergence of Knowledge Organization, Problem-Solving Behavior, and Metacognition Research with The Modeling Method of Physics Instruction – Part II*. *Journal Physics Teacher Education*.
- Manavipour, D. (2012). *Metacognition Test for Iranian Students*. *Greener Journal of Education Research*, Vol. 2 (1), pp. 001-006.
- Marthen Kanginan. (2010). *Physics 1A, for SENIOR High School Grade XI Semester*. Jakarta: Erlangga.

- Maulana. 2008. *Pendekatan Metakognitif Sebagai Alternatif Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa PGSD*. Jurnal Pendidikan Dasar No. 10.
- Mohamad Ishaq. (2006). *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurriila Risnida. (2011). Penerapan Penilaian Kinerja untuk Menilai Kemampuan Metakognitif Siswa SMP pada Pembelajaran Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. Tesis Magister Pendidikan, tidak diterbitkan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Nusa Putra. 2011. *Research & Development*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 41 Tahun 2007 Tentang Standar Proses untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Punaji Setyosari. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Purwanto, Aristo Rahadi, & Suharto Lasmono. 2007. *Pengembangan Modul*. Jakarta: Depdiknas Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi Pendidikan.
- Rahmayani. (2009). *Penerapan Model Learning Cycle 5E dalam Pembelajaran Matematika Melalui Pendekatan Keterampilan Metakognitif untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Logis Siswa SMA*. Skripsi, tidak diterbitkan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Rebello, N. S. & Zollman, D. A. (2005). *Trend in Physics Education Research*. Department of Physics, Kansas State University, Manhattan, KS 66506-2601.
- Sears & Zemansky. (2000). *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2 Young and Freedman*. Jakarta: Erlangga.
- Setya Nurachmandani. 2009. *Fisika 2 Untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Shoenfeld, A.H., (1992). *Learning To Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, And Sense-Making In Mathematics*. Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning (D. Grouws, Ed.). New York: MacMillan.
- Simanjutak, M. P. (2012). *Pengembangan Model Pembelajaran Fisika Dasar Berbasis Problem Solving untuk Meningkatkan Kemampuan Metakognisi*

dan Pemahaman Konsep Mahasiswa. Disertasi doctor, tidak diterbitkan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.

Sistem Pendidikan Nasional. BAB VI bagian kesebelas pasal 32.

Sugiyono. (2009). *Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: ALfabeta.

Sukardjo & L.P. Sari. (2009). *Metodologi Penelitian Pendidikan Kimia*. Yogyakarta: Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

Supiyanto. (2006). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI Jilid 2*. Jakarta: PT. Phibeta Aneka Gama.

Surya Dharma. (2008). *Penulisan Modul*. Jakarta: Direktorat Tenaga Kependidikan, Dirjen PMPTK.

Tan, O. S. (2004). *Enhancing Thinking Problem Based Learning Approached*. Singapura: Thomson.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S. & Semmel, M. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Source Book. Bloomington: Center for Innovation on Teaching the Handicapped.

Thomson, William T. (1986). *Teori Getaran dengan Penerapan Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.

Tim Puslitjaknov. (2008). *Metode Penelitian Pengembangan*. Jakarta: Badan Penelitian dan pengembangan Departemen Pendidikan Nasional.

Tipler. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional. Bab II Pasal 3

Usman Mulbar. (2008). *Metakognisi Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematika*. Makalah Pendidikan. FMIPA UNM Makasar.

Woolfolk, Anita. (2009). *Educational Psychology: Active Learning Edition Edisi Kesepuluh Bagian Kedua*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

LAMPIRAN 1

Surat Keterangan Penelitian



KEMENTERIAN AGAMA
MADRASAH ALIYAH NEGERI PARAKAN TEMANGGUNG
 Jalan Jenderal Sudirman 184, Temanggung 56218, Telepon (0293) 491372,
 Faximile (0293) 491891, Email : mantemanggung@yahoo.co.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : Ma.11.46/TL.00/214 /2013

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Madrasah Aliyah Negeri MAN Parakan Temanggung menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

Nama : AFFA ARDHI SAPUTRI
 NIM : 08690043
 Alamat : Baledu Rt.2/Rw.01 Kandangan Temanggung
 Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Sunan Kali Jaga Yogyakarta
 Program studi : Pendidikan Fisika
 Judul Penelitian : **Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana**

Telah melaksanakan Penelitian di Madrasah Aliyah Negeri Parakan Temanggung pada tanggal 18 Februari s/d 4 Mei 2013.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya, dan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Temanggung, 20 Mei 2013



Drs. H. Anang Taufik Ghufroon, M. Ag.
 NIP. 19560325 198203 1 002

LAMPIRAN 2

Indikator Kemampuan Metakognisi untuk Fisika

Komponen Metakognisi	Indikator
Pengetahuan metakognitif	a. Mengidentifikasi sifat dan ciri masalah b. Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya c. Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual) d. Elaborasi e. Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar
Tujuan metakognitif	a. Penalaran matematis b. Penalaran fisis c. Penjelasan matematis dalam penyelesaian masalah d. Penjelasan fisis dalam penyelesaian masalah e. Berpikir konstruktif f. Memotivasi untuk aktif bertanya g. Mengelola dan memonitor belajar untuk meningkatkan kemampuan belajar
Strategi metakognitif	a. Identifikasi gaya belajar untuk dirinya sendiri b. Kepercayaan siswa dalam menyelesaikan masalah c. Pengambilan keputusan dalam menentukan strategi belajar/penyelesaian masalah d. Memecahkan masalah e. Mengkontruksi pengetahuan yang sebelumnya dengan pengetahuan yang dipelajarinya f. Menyadari tentang proses solusi yang digunakan
Pengalaman Metakognitif	a. Merencanakan aktivitas belajar b. Merangkum informasi yang sudah dipelajari c. Refleksi siswa

Indikator mengadopsi dari indikator kemampuan metakognisi yang disusun oleh Jacob.

Sumber: Nurrla Risnida (2011)

Indikator Kemampuan Metakognisi untuk Fisika

Kemampuan Metakognisi	Komponen Metakognisi	Indikator
Pengetahuan Metakognisi	Deklarasi	a. Memberi contoh b. Mengetahui perbedaan c. Mengetahui perbandingan antara yang satu dengan yang lain
	Prosedural	d. Mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan
	Kondisional	e. Mengetahui alasan mengapa melakukan sesuatu
Keterampilan/ pengalaman Metakognisi	Memprediksi	f. Memprediksi jawaban sementara dari masalah yang dihadapi sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut g. Mensketsa grafik secara kasar yang sesuai dengan masalah sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut
	Merencanakan	h. Merencanakan apa yang akan dilakukan i. Menyiapkan alat-alat atau bahan apa yang akan digunakan j. Memilih strategi yang tepat k. Mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah
	Memonitor	l. Memonitor setiap langkah yang dilakukan m. Melakukan perhitungan dengan teliti n. Mengecek jawaban dari hasil penyelidikan o. Mempertimbangkan ketepatan hasil penyelidikan p. Memperbaiki kesalahan
	Mengevaluasi	q. Menilai hasil penyelidikan yang dilakukan r. Menilai pencapaian tujuan s. Menilai kesesuaian prosedur yang digunakan t. Membuat kesimpulan

Kemampuan metakognisi diadopsi dari kemampuan metakognisi yang disusun oleh Simon dan Brown.

Sumber : Dosoete, *et al* (2001).

LAMPIRAN 3

Rubrik Komponen Metakognisi pada Modul

No	Aspek	Indikator	Penempatan dalam Modul	
1	Pengetahuan Metakognitif (Jacob)	Mengidentifikasi sifat atau ciri masalah	Uraian Materi	
		Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya	Uraian Materi	
		Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)	Uraian Materi	
		Elaborasi	Kegiatan Belajar	
		Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar	Contoh Soal Latihan dan Tugas	
2	Pengalaman Metakognitif (Jacob)	Merencanakan aktivitas belajar	Rencana Belajar	
		Merangkum informasi yang sudah dipelajari	Jurnal belajar	
		Refleksi siswa	Jurnal belajar	
3	Pengetahuan Metakognitif (Simon & Brown)	Memberi contoh	Uraian Materi Latihan dan tugas	Tujuan pembelajaran setiap unit kegiatan belajar
		Mengetahui perbedaan	Uraian Materi Latihan dan tugas	
		Mengetahui perbandingan antara yang satu dengan yang lain	Uraian Materi Latihan dan tugas	
		Mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan	Eksperimen	
		Mengetahui alasan mengapa melakukan sesuatu	Eksperimen Latihan dan tugas	
4	Pengalaman Metakognitif (Simon & Brown)	Memprediksi jawaban sementara dari masalah yang dihadapi sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut	Eksperimen Latihan dan tugas	
		Mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah	Eksperimen Latihan dan tugas	
		Mengecek jawaban dari hasil penyelidikan	Eksperimen Latihan dan tugas	
		Memperbaiki kesalahan	Latihan dan tugas	
		Menilai pencapaian tujuan	Jurnal belajar	
		Membuat kesimpulan	Jurnal belajar	

LAMPIRAN 4

Validasi Instrumen Penelitian

Lembar Validasi Instrumen untuk Ahli Instrumen

**Instrumen Penilaian Kualitas Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada
Pokok Bahasan Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana**

Petunjuk pengisian:

1. Instrumen penilaian kualitas modul disusun berdasarkan aspek dan indikator penilaian seperti yang tertera pada lampiran
2. Berilah jawaban dengan tanda centang (✓) pada kolom penilaian!
3. Isikan pendapat anda pada pada kolom keterangan jika terdapat kekurangan pada instrumen penilaian modul!

No	Kriteria	Ya	Tidak	Keterangan
1	Kisi-kisi disusun secara jelas, tidak menimbulkan persepsi ganda dan mudah dipahami	✓		
2	Rubrik penilaian disusun secara jelas, tidak menimbulkan persepsi ganda dan mudah dipahami	✓		
3	Instrumen penilaian disusun secara jelas, tidak menimbulkan persepsi ganda dan mudah dipahami	✓		
4	Kisi-kisi disajikan secara tepat, proposional, dan membantu pelaksanaan penilaian modul	✓		
5	Rubrik penilaian disajikan secara tepat, proposional, dan membantu pelaksanaan penilaian modul	✓		
6	Instrumen penilaian disajikan secara tepat, proposional, dan membantu pelaksanaan penilaian modul	✓		

7	Kisi-kisi disusun dengan sistematika yang runtut dan sesuai kaidah bahasa Indonesia	✓		
8	Rubrik penilaian disusun dengan sistematika yang runtut dan sesuai kaidah bahasa Indonesia	✓		
9	Instrumen penilaian disusun dengan sistematika yang runtut dan sesuai kaidah bahasa Indonesia	✓		
10	Pembagian aspek dan indikator penilaian tepat dan sesuai untuk masing-masing penilai (ahli materi, ahli media, dan Guru fisika SMA/MA)	✓		
11	Aspek penilaian materi fisika terdiri dari indikator-indikator yang mampu mengukur materi fisika yang disampaikan	✓		
12	Instrumen penilaian ahli materi terdiri dari aspek-aspek yang mampu mengukur kualitas materi pada modul	✓		
13	Aspek penilaian media terdiri dari indikator-indikator yang mampu mengukur modul sebagai media pembelajaran yang baik dan menarik	✓		
14	Instrumen penilaian ahli media terdiri dari aspek-aspek yang mampu mengukur modul sebagai media pembelajaran yang baik	✓		

	dan menarik			
15	Aspek penilaian komponen metakognisi terdiri dari indikator-indikator yang mampu mengukur komponen metakognisi yang diterapkan	✓		
16	Instrumen penilaian memuat aspek metakognisi yang mampu mengukur modul berbasis metakognisi	✓		

Secara keseluruhan instrumen penilaian kualitas modul ini

1. Layak digunakan tanpa revisi
2. Layak digunakan dengan revisi kecil
3. Layak digunakan dengan revisi besar
4. Tidak Layak digunakan *

sebagai instrumen pada penilaian kualitas modul fisika berbasis metakognisi pada pokok bahasan elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

Catatan :

- ✓ Revisi pd butir 18 pd Instrumen penilaian oleh guru.
- ✓ Revisi pada tata tulis

Keterangan: * lingkari salah satu

Lembar Validasi Instrumen untuk Ahli Instrumen

Angket Respon Siswa Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

Petunjuk pengisian:

1. Angket respon siswa disusun berdasarkan aspek dan indikator seperti yang tertera pada lampiran
4. Berilah jawaban dengan tanda centang (✓) pada kolom penilaian!
5. Isikan pendapat anda pada pada kolom keterangan jika terdapat kekurangan pada angket respon siswa!

No	Kriteria	Ya	Tidak	Keterangan
1	Skala tanggapan siswa disusun secara jelas, tidak menimbulkan persepsi ganda dan mudah dipahami		✓	Masih ada butir 2 pernyataan bermakna ganda (3, 4, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 30)
2	Skala tanggapan siswa disajikan secara tepat, proposional, dan tidak mempengaruhi responden	✓		
3	Skala tanggapan siswa disusun dengan sistematika yang runtut dan sesuai kaidah bahasa Indonesia	✓		
4	Pembagian aspek dan indikator penilaian tepat dan sesuai dengan tingkat pemahaman siswa		✓	Respon/tanggapan siswa cukup dinyatakan dgn "Ya" & "Tidak" saja
5	Skala tanggapan siswa terdiri dari indikator-indikator yang mampu mengukur respon siswa terhadap modul	✓		

Secara keseluruhan angket respon siswa ini

1. Layak digunakan tanpa revisi
2. Layak digunakan dengan revisi kecil
3. Layak digunakan dengan revisi besar
4. Tidak Layak digunakan *

sebagai instrumen penelitian untuk mengetahui respon siswa terhadap modul fisika berbasis metakognisi pada pokok bahasan elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

Keterangan: * lingkari salah satu

Lembar Masukan

Validasi Instrumen Penilaian dan Angket Respon Siswa Pengembangan Modul Fisika pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

Nama Validator : Jamil Suprihatiningrum

Instansi : UIN Sunan Kalijaga

① Revisi pada butir 18 pada instrumen penilaian guru

② Revisi pada tata tulis

③ Masih ada butir-butir pernyataan bermakna ganda
pada butir 3, 4, 21, 22, 24, 26, 28, 29 dan 30

④ Respon / tanggapan siswa cukup dinyatakan dengan
Ya / Tidak saja.

Yogyakarta, 9 Januari 2013

Validator,



Jamil Suprihatiningrum

NIP. 19840205 201101 2 008

SURAT PERNYATAAN VALIDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jamil Suprihatiningrum
 NIP : 19840205 201101 2 008
 INSTANSI : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
 Alamat Instansi : Jalan Marsda Adi Sucipto Yogyakarta
 Bidang Keahlian : Instrumen Penelitian

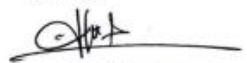
Menyatakan bahwa saya telah memberikan penilaian pada instrumen penelitian yang berupa angket “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana” yang disusun oleh :

Nama : Affa Ardhi Saputri
 NIM : 08690043
 Program Studi : Pendidikan Fisika
 Fakultas : Sains dan Teknologi

Angket tersebut dapat digunakan sebagai instrumen penelitian dengan judul “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana” setelah disempurnakan sesuai dengan masukan yang saya berikan.

Yogyakarta, 9 Januari 2013

Validator,


Jamil Suprihatiningrum
 NIP. 19840205 201101 2 008

LAMPIRAN 5**Data Validator dan Penilai Produk**

1. Validator

Nama	Nita Handayani, S.Si, M.Si.
NIP	19820126 200801 2 008
Instansi	Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Bidang Keahlian	Fisika

2. Ahli Materi

1	Nama	Daimul Hasanah, M.Pd.
	NIP	-
	Instansi	Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
	Bidang Keahlian	Evaluasi Pembelajaran
2	Nama	Oki Mustava, M.Pd.Si
	NIP	60110634
	Instansi	Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
	Bidang Keahlian	Fisika

3. Ahli Media

1	Nama	Prof. Suparwoto, M.Pd.
	NIP	19530505 197702 1 001
	Instansi	FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
	Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika
2	Nama	Rachmad Resmiyanto
	NIP	60100599
	Instansi	Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
	Bidang Keahlian	Teknologi Pembelajaran Sains

4. Guru Fisika SMA/MA

1	Nama	Drs. Chotibul Umam, M.Pd, M.Si.
	NIP	19641001 199403 1 002
	Instansi	MAN Temanggung
	Bidang Keahlian	Guru Fisika
2	Nama	Dra. Hartini
	NIP	19660115 199403 2 004
	Instansi	MAN Temanggung
	Bidang Keahlian	Guru Fisika
3	Nama	Akhmad Anif Sulton, S.Pd.
	NIP	-
	Instansi	MAN Temanggung
	Bidang Keahlian	Guru Fisika

LAMPIRAN 6

Lembar Masukan Validasi Produk

Lembar Masukan

Validasi Modul Fisika pada Materi Pokok Elastisitas dan
Gerak Harmonik Sederhana

Nama Validator : NITA HANDAYANI, M.Si

Instansi : PRODI FISIKA, F. SAINS DAN TEKNOLOGI

Secara keseluruhan, konten Modul Fisika untuk Materi Pokok Elastisitas dan GHS sudah cukup bagus. Untuk penyempurnaan, ada beberapa hal yang perlu direvisi :

1. Penulisan besaran fisika : bedakan antara besaran vektor dan besaran skalar
2. Alur Peta Konsep (Hal x) sulit dipahami, buat yang lebih simpel.
3. Pada bagian Eksperimen Einstein : sebaiknya dituliskan tujuan eksperimen, alat dan bahan, serta prosedur kerja secara rinci.
4. Ada beberapa konsep yang perlu diperbaiki dan soal & evaluasi sebaiknya bervariasi.
5. Aspek grafika :
 - Ukuran font terlalu kecil terutama untuk keterangan gambar dan tabel.
 - Penekanan pada konsep & penting (diberi font warna).
 - Persamaan matematis kurang jelas hasil cetaknya.

Yogyakarta, 21 Februari 2013

Validator

NITA HANDAYANI, M.Si

NIP. 19820126 200801 2 008

LAMPIRAN 7

KISI-KISI INSTRUMEN PENELITIAN PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA

A. Ahli Meteri

1. Kualitas Isi
 - Kesesuaian konsep dan definisi elastisitas dan gerak harmonik sederhana berdasarkan konsep dan definisi yang berlaku
 - Kebenaran materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana berdasarkan konsep, prinsip, dan hukum fisika yang berlaku
 - Kemutakhiran materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi
 - Kecukupan cakupan materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana
 - Kemenarikan materi elastisitas dan gerak harmonik sederhana
 - Susunan/urutan materi hierarkis dan logis
2. Metakognisi
 - Materi yang disajikan mengidentifikasi sifat atau ciri masalah fisika
 - Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya
 - Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)
 - Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar
3. *Self Instructional*
 - Materi pembelajaran dikemas dalam unit-unit kecil/spesifik
 - Contoh kasus mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran
 - Ilustrasi/gambar mendukung kejelasan pemaparan materi
 - Tampilan peta konsep mendukung pemaparan materi
 - Rangkuman materi pembelajaran jelas
 - Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran
4. *Adaptive*
 - Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi
 - Materi dalam modul sesuai dan dapat disampaikan dalam kurun waktu yang lama

B. Ahli Media

1. Organisasi Modul
 - Susunan/urutan materi pelajaran rapi dan sistematis
 - Penempatan naskah

- Penempatan gambar
 - Penempatan ilustrasi
 - Susunan dan alur antarbab, antarunit dan antarpagraf mudah dipahami
 - Organisasi antartudul, subjudul dan uraian mudah diikuti
2. Daya Tarik
 - Penampilan sampul modul
 - Gambar menarik perhatian
 - Ilustrasi menarik perhatian
 - Penempatan huruf tebal, miring, garis bawah atau warna menarik
 - Pengemasan kegiatan siswa menarik
 3. Bentuk dan Ukuran Huruf
 - Bentuk dan ukuran huruf mudah dibaca
 - Kombinasi jenis huruf menarik
 - Kesesuaian perbandingan huruf antartudul, subjudul, dan naskah
 - Ketepatan penggunaan huruf kapital
 4. Bahasa
 - Bahasa yang digunakan komunikatif
 - Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda
 - Kalimat yang digunakan mudah dipahami
 5. Konsistensi Penulisan
 - Bentuk dan huruf yang digunakan konsisten dari halaman ke halaman
 - Kerapian jarak spasi antara bagian yang satu dengan yang lain

C. Guru Fisika SMA/MA

1. Metakognisi
 - Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya
 - Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)
 - Memuat kegiatan elaborasi
 - Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar
 - Merencanakan aktivitas belajar
 - Memuat kegiatan refleksi siswa
2. *Self Instructional*
 - Tujuan dirumuskan dengan jelas
 - Contoh kasus mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran
 - Gambar mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran

- Tampilan peta konsep/bagan yang menggambarkan cakupan materi yang akan dibahas dalam modul mendukung pemaparan materi
 - Soal-soal yang diberikan mampu mengukur tingkat penguasaannya
 - Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran
3. *Self Contained*
- Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh
 - Kegiatan belajar dalam modul membantu peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan
4. *Stand Alone*
- Modul tidak tergantung pada media lain
 - Modul tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain
5. *User Friendly*
- Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi
 - Modul bersifat fleksibel dan memungkinkan untuk diterapkan dengan berbagai metode dan strategi
 - Modul bersifat fleksibel memungkinkan untuk diterapkan berdampingan dengan berbagai media pembelajaran lain
6. Daya Tarik
- Penampilan sampul modul
 - Gambar atau ilustrasi menarik perhatian
 - Penempatan huruf tebal, miring garis bawah atau warna menarik
7. Bahasa Modul
- Bahasa yang digunakan komunikatif
 - Kalimat yang digunakan mudah dipahami

LAMPIRAN 8

Lembar Peilaian Ahli Materi

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK AHLI MATERI**

Nama Penilai : Oki Mustawa M.Pd. Si
 NIP : 60110634
 Instansi : UAD

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom '**Penilaian**' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
 SB = Sangat Baik
 B = Baik
 K = Kurang
 SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk ahli materi.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Kualitas Isi	1. Kesesuaian konsep dan definisi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana berdasarkan konsep dan definisi yang berlaku	✓			
		2. Ketepatan materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana berdasarkan konsep, prinsip dan hukum fisika yang berlaku		✓		
		3. Kemutakhiran materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
		4. Kecukupan cakupan materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	✓			
		5. Kemenarikan materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana		✓		
		6. Susunan/urutan materi hierarkis dan logis	✓			
2	Metakognisi	7. Materi yang disajikan mengidentifikasi sifat atau ciri masalah fisika	✓			
		8. Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya	✓			
		9. Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)		✓		
		10. Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar	✓			
3	Self Instructional	11. Materi pembelajaran dikemas dalam unit-unit kecil/spesifik	✓			
		12. Contoh kasus mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran		✓		
		13. Ilustrasi/gambar mendukung kejelasan	✓			

		pemaparan materi pembelajaran				
		14. Tampilan peta konsep mendukung pemaparan materi	✓			
		15. Rangkuman materi pembelajaran jelas		✓		
		16. Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran	✓			
4	Adaptive	17. Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
		18. Materi dalam modul sesuai dan dapat disampaikan dalam kurun waktu yang lama		✓		

C. KOMENTAR DAN SARAN

Modulnya sudah bagus, akan tetapi sebaiknya untuk tingkat SMA harus sudah mulai menjelaskan asal-usul persamaan sehingga siswa lebih mantap tentang materi fisika.

D. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah Satu.

Yogyakarta, 28 Feb 2013

Ahli Materi

Okimurta va, M. Pd. S.
NIP. 06110639

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK AHLI MATERI**

Nama Penilai : Daimul Hasanah, M.Pd
 NIP :
 Instansi : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom '**Penilaian**' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
 SB = Sangat Baik
 B = Baik
 K = Kurang
 SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk ahli materi.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Kualitas Isi	1. Kesesuaian konsep dan definisi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana berdasarkan konsep dan definisi yang berlaku		✓		
		2. Ketepatan materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana berdasarkan konsep, prinsip dan hukum fisika yang berlaku			✓	
		3. Kemutakhiran materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
		4. Kecukupan cakupan materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	✓			
		5. Kemenarikan materi Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana	✓			
		6. Susunan/urutan materi hierarkis dan logis	✓			
2	Metakognisi	7. Materi yang disajikan mengidentifikasi sifat atau ciri masalah fisika	✓			
		8. Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya	✓			
		9. Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)	✓			
		10. Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat dalam belajar	✓			
3	Self Instructional	11. Materi pembelajaran dikemas dalam unit-unit kecil/spesifik	✓			
		12. Contoh kasus mendukung kejelasan paparan materi pembelajaran	✓			
		13. Ilustrasi/gambar mendukung kejelasan	✓			

		pemaparan materi pembelajaran				
		14. Tampilan peta konsep mendukung pemaparan materi	✓			
		15. Rangkuman materi pembelajaran jelas	✓			
		16. Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran	✓			
	4 Adaptive	17. Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
		18. Materi dalam modul sesuai dan dapat disampaikan dalam kurun waktu yang lama	✓			

C. KOMENTAR DAN SARAN

1. Penggunaan "di-" sebagai kata depan dan imbuhan perlu dicek ulang.
ex: hal. 11 pada kata "diatas", yang tepat: "di atas".
2. Latihan asring sebaiknya diketik Italic $\rightarrow$ ex: hal. 12 pada keterangan gambar 1.2.
3. Konsistensi tata tulis perlu diperhatikan, ex: hal. 26.
4. Penamaan sub judul "a. Hukum Hooke" sebaiknya dibuat berbeda dengan sub-judul di atasnya "2. Hukum Hooke".
5. Kesalahan penulisan sebaiknya diminimalisir, ex: hml. 30.
6. Penulisan lambang besaran perlu dicek ulang, ex: hal 34, pers. (2.6).
7. Cek ulang kebenaran & ketepatan penulisan persamaan (6.5), (6.6), dan (6.7).
8. Cek ulang jawaban/ penyelesaian soal di hml. 74.
9. Cek ulang persamaan (7.19) dan (7.20).

D. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah Satu.

Yogyakarta, 14 Maret 2013

Ahli Materi


Daimul Hasanah, M.Pd
NIP. —

LAMPIRAN 9

Lembar Penilaian Ahli Media

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK AHLI MEDIA**

Nama Penilai : Pap Supriyanto, S.Pd
 NIP : 195305051973021001
 Instansi : Fakultas - UMY

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom '**Penilaian**' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
 SB = Sangat Baik
 B = Baik
 K = Kurang
 SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk ahli media.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Organisasi Modul	1. Susunan/urutan materi pelajaran rapi dan sistematis	✓			
		2. Penempatan naskah	✓			
		3. Penempatan gambar				
		4. Penempatan ilustrasi	✓			
		5. Susunan dan alur antarbab, antarunit dan antarparagraf mudah dipahami	✓			
		6. Organisasi antarjudul, subjudul dan uraian mudah diikuti	✓			
2	Daya Tarik Modul	7. Penampilan sampul modul	✓			
		8. Gambar menarik perhatian	✓			
		9. Ilustrasi menarik perhatian	✓			
		10. Penempatan huruf tebal, miring, garis bawah atau warna menarik	✓			
		11. Pengemasan kegiatan siswa menarik	✓			
3	Bentuk dan Ukuran Huruf Modul	12. Bentuk dan ukuran huruf mudah dibaca	✓			
		13. Kombinasi jenis huruf menarik	✓			
		14. Kesesuaian perbandingan huruf antarjudul, subjudul dan naskah	✓			
		15. Ketepatan penggunaan huruf kapital	✓			
4	Bahasa Modul	16. Bahasa yang digunakan komunikatif	✓			
		17. Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda	✓			
		18. Kalimat yang digunakan mudah dipahami	✓			
5	Konsistensi Modul	19. Bentuk dan huruf yang digunakan konsisten dari halaman ke halaman	✓			
		20. Kerapian jarak spasi antarbagian satu dengan yang lain		✓		

2. KOMENTAR DAN SARAN

Angket baik dan lengkap untuk digunakan secara
beberapa teman ada pada masalah

3. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik
Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi ^{sedikit}
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah Satu.

Yogyakarta, 01/04 2013
Ahli Media

Suparinto
NIP. 196205051973021001

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK AHLI MEDIA**

Nama Penilai : Rachma Resoniyanto
NIP : 60100593
Instansi : Pers. Sda Fisika UAD

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom 'Penilaian' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
SB = Sangat Baik
B = Baik
K = Kurang
SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk ahli media.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Organisasi Modul	1. Susunan/urutan materi pelajaran rapi dan sistematis	✓			
		2. Penempatan naskah	✓			
		3. Penempatan gambar	✓			
		4. Penempatan ilustrasi	✓			
		5. Susunan dan alur antarbab, antarunit dan antarparagraf mudah dipahami	✓			
		6. Organisasi antarjudul, subjudul dan uraian mudah diikuti	✓			
2	Daya Tarik Modul	7. Penampilan sampul modul	✓			
		8. Gambar menarik perhatian		✓		
		9. Ilustrasi menarik perhatian	✓			
		10. Penempatan huruf tebal, miring, garis bawah atau warna menarik	✓			
		11. Pengemasan kegiatan siswa menarik		✓		
3	Bentuk dan Ukuran Huruf Modul	12. Bentuk dan ukuran huruf mudah dibaca		✓		
		13. Kombinasi jenis huruf menarik		✓		
		14. Kesesuaian perbandingan huruf antarjudul, subjudul dan naskah		✓		
		15. Ketepatan penggunaan huruf kapital		✓		
4	Bahasa Modul	16. Bahasa yang digunakan komunikatif	✓			
		17. Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda	✓			
		18. Kalimat yang digunakan mudah dipahami	✓			
5	Konsistensi Modul	19. Bentuk dan huruf yang digunakan konsisten dari halaman ke halaman	✓			
		20. Kerapian jarak spasi antarbagian satu dengan yang lain	✓			

C. KOMENTAR DAN SARAN

Saya sudah membaca modul ini berbait-bait. Secara umum modul sudah sangat baik. Kalimat-kalimat yang digunakan untuk mengura materi sangat mudah dipahami, runtut, menarik dan jelas. Saya rasa kemampuan ini perlu terus di asah untuk menulis sesuatu yg lebih tinggi daripada sekedar modul yang bisa kita. Saya yakin kemampuan yang ada sudah lebih dari cukup sebagai modal untuk menulis buku. Tetapi saya belum bisa membaca dg jernih modul ini dg modul? karena yg kda berbasis metakognisi. Meski begitu, saya yakin modul ini pasti di asah dg jernih payah yang luar biasa. Selamat.

D. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah Satu.

Yogyakarta, 2013
Ahli Media


Raelund Resniganto

NIP.

LAMPIRAN 10

Lembar Penilaian Guru Fisika SMA/MA

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK GURU FISIKA SMA/MA**

Nama Penilai : Drs. Chaidir Umar M.Pd. M.Si
 NIP : 1964001 125403 1 002
 Instansi : M.A.N. Tegay

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom 'Penilaian' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
 SB = Sangat Baik
 B = Baik
 K = Kurang
 SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk guru fisika.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Metakognisi	1. Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya		✓		
		2. Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)	✓			
		3. Memuat kegiatan elaborasi		✓		
		4. Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat		✓		
		5. Merencanakan aktivitas belajar		✓		
		6. Memuat kegiatan refleksi siswa		✓		
2	Self Instructional	7. Tujuan dirumuskan dengan jelas		✓		
		8. Contoh kasus mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran		✓		
		9. Gambar mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran	✓			
		10. Tampilan peta konsep/bagan yang menggambarkan cakupan materi yang akan dibahas dalam modul mendukung pemaparan materi	✓			
		11. Soal-soal yang diberikan mampu mengukur tingkat penguasaan materi		✓		
		12. Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran			✓	
		13. Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh	✓			
3	Self Contained	14. Kegiatan belajar dalam modul membantu peserta didik untuk mencapai kompetensi		✓		

		yang diharapkan				
4	Stand Alone	15. Modul tidak tergantung pada media lain			✓	
		16. Modul tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain		✓		
5	Adaptive	17. Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi		✓		
		18. Modul bersifat fleksibel dan memungkinkan untuk diterapkan dengan berbagai metode dan strategi		✓		
		19. Modul bersifat fleksibel memungkinkan untuk diterapkan berdampingan dengan berbagai media pembelajaran lain		✓		
6	User Friendly	20. Modul memberi kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan		✓		
		21. Instruksi membantu siswa dan guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran		✓		
7	Daya Tarik	22. Penampilan sampul modul	✓			
		23. Gambar menarik perhatian	✓			
		24. Penempatan huruf tebal, miring garis bawah atau warna menarik		✓		
		25. Pengemasan tugas dan latihan menarik		✓		
8	Bahasa	26. Bahasa yang digunakan komunikatif		✓		
		27. Kalimat yang digunakan mudah dipahami		✓		

C. KOMENTAR DAN SARAN

1. Masih ada kata-kata yang asing di alay-alay. Contoh (modul ini)
2. Penggunaan kata-kata untuk sama di media lain diganti "kelian" atau "anda"
3. Kritik permasalahan pada media pembelajaran secara keseluruhan dan implementasi konsep fisika yang ada semaksimal mungkin

D. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah Satu.

Temanggung, 8/3. 2013

Guru Fisika

[Signature]
 NIP. 1964001 199003 1 002

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK GURU FISIKA SMA/MA**

Nama Penilai : Dra. Hartini
NIP : 196601151994032009
Instansi : MAN Tembung

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom 'Penilaian' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
SB = Sangat Baik
B = Baik
K = Kurang
SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk guru fisika.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Metakognisi	1. Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya	✓			
		2. Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)	✓			
		3. Memuat kegiatan elaborasi		✓		
		4. Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat		✓		
		5. Merencanakan aktivitas belajar		✓		
		6. Memuat kegiatan refleksi siswa		✓		
2	Self Instructional	7. Tujuan dirumuskan dengan jelas		✓		
		8. Contoh kasus mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran		✓		
		9. Gambar mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran		✓		
		10. Tampilan peta konsep/bagan yang menggambarkan cakupan materi yang akan dibahas dalam modul mendukung pemaparan materi		✓		
		11. Soal-soal yang diberikan mampu mengukur tingkat penguasaan materi	✓			
		12. Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran		✓		
3	Self Contained	13. Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh	✓			
		14. Kegiatan belajar dalam modul membantu peserta didik untuk mencapai kompetensi		✓		

		yang diharapkan				
4	Stand Alone	15. Modul tidak tergantung pada media lain		✓		
		16. Modul tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain	✓			
5	Adaptive	17. Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
		18. Modul bersifat fleksibel dan memungkinkan untuk diterapkan dengan berbagai metode dan strategi		✓		
		19. Modul bersifat fleksibel memungkinkan untuk diterapkan berdampingan dengan berbagai media pembelajaran lain		✓		
6	User Friendly	20. Modul memberi kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan		✓		
		21. Instruksi membantu siswa dan guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran	✓			
7	Daya Tarik	22. Penampilan sampul modul	✓			
		23. Gambar menarik perhatian	✓			
		24. Penempatan huruf tebal, miring garis bawah atau warna menarik		✓		
		25. Pengemasan tugas dan latihan menarik		✓		
8	Bahasa	26. Bahasa yang digunakan komunikatif	✓			
		27. Kalimat yang digunakan mudah dipahami	✓			

C. KOMENTAR DAN SARAN

Modul sudah bagus, latihan soal diperbanyak

D. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
- ② Layak digunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah Satu.

Temanggung, 1 April 2013

Guru Fisika



Herhni

NIP. 196601151999032004

**LEMBAR PENILAIAN MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA
MATERI POKOK ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA
UNTUK GURU FISIKA SMA/MA**

Nama Penilai : Arhmad Anif Sultan SPD
NIP :
Instansi : MAN TUGS

A. PETUNJUK PENGISIAN:

- Berilah tanda ✓ pada kolom '**Penilaian**' sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Penilaian terdiri dari empat kriteria yaitu:
SB = Sangat Baik
B = Baik
K = Kurang
SK = Sangat Kurang
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah kurang atau sangat kurang, maka berilah saran terkait hal-hal yang menjadi kekurangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana.
- Lampiran berisi kisi-kisi dan penjabaran indikator penilaian modul untuk guru fisika.

B. PENILAIAN:

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Penilaian			
			SB	B	K	SK
1	Metakognisi	1. Mengkonstruksi hubungan antara pengetahuan yang telah dipelajari dengan pengetahuan sebelumnya		✓		
		2. Menggunakan pengalaman sehari-hari (kontekstual)		✓		
		3. Memuat kegiatan elaborasi	✓			
		4. Penggunaan dan pemilihan prosedur penyelesaian masalah yang tepat		✓		
		5. Merencanakan aktivitas belajar		✓		
		6. Memuat kegiatan refleksi siswa		✓		
2	Self Instructional	7. Tujuan dirumuskan dengan jelas		✓		
		8. Contoh kasus mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran		✓		
		9. Gambar mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran		✓		
		10. Tampilan peta konsep/bagan yang menggambarkan cakupan materi yang akan dibahas dalam modul mendukung pemaparan materi		✓		
		11. Soal-soal yang diberikan mampu mengukur tingkat penguasaan materi		✓		
		12. Informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi mendukung materi pembelajaran		✓		
3	Self Contained	13. Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh	✓			
		14. Kegiatan belajar dalam modul membantu peserta didik untuk mencapai kompetensi		✓		

		yang diharapkan				
4	Stand Alone	15. Modul tidak tergantung pada media lain	✓			
		16. Modul tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain	✓			
5	Adaptive	17. Materi dalam modul sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
		18. Modul bersifat fleksibel dan memungkinkan untuk diterapkan dengan berbagai metode dan strategi	✓			
		19. Modul bersifat fleksibel memungkinkan untuk diterapkan berdampingan dengan berbagai media pembelajaran lain	✓			
6	User Friendly	20. Modul memberi kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan	✓			
		21. Instruksi membantu siswa dan guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran	✓			
7	Daya Tarik	22. Penampilan sampul modul	✓			
		23. Gambar menarik perhatian	✓			
		24. Penempatan huruf tebal, miring garis bawah atau warna menarik	✓			
		25. Pengemasan tugas dan latihan menarik	✓			
8	Bahasa	26. Bahasa yang digunakan komunikatif	✓			
		27. Kalimat yang digunakan mudah dipahami	✓			

C. KOMENTAR DAN SARAN

1. Dalam modul btk pengulangan berte / kalimat yg goe pade

2. contoh penyelesaian soal kurang
3. bahasa lbh di puringkat jg
upelantur (yg penting / pokok gya).

D. KESIMPULAN:

Modul Fisika Berbasis Metakognisi pada Materi Pokok Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
- ② Layak digunakan di lapangan dengan revisi kecil
3. Layak digunakan di lapangan dengan revisi
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

Temanggung, 18 Maret 2013
Guru Fisika

Achmad Anif S
NIR

LAMPIRAN 11**Daftar Nama Siswa Uji Coba Terbatas**

1. Addien M	1. Laksita R
2. Bimo Ari S	2. M. Wildan A
3. Ema W	3. Nur Azizah
4. Kholisyatur R	4. Raficha Ami
5. Adi Gilang F	

Daftar Nama Siswa Uji Coba Luas

Amilatul N	Netty N	Ahis M	Fetiyan
Anas M	Nih Nur S	Ana Rofiqoh	Iftakhu S
Andrik N	Nikmatul A	Arum E	Kurniyawati
Anugrah A	Nuria H	Astri L	Latifatus Z
Arizka N	Ria Maezuroh	Auliya K	Lukman H
Astriyanti	Sandra S	Ayu M	M Saifudin
Dian Nur C	Sofiah N	Basuki E	M. Farichin
Ika W	Suci S	Diah D	Norma Y
Irfan C	Sukur P	Dina E	Retno P
Isna L	Ulfa M	Edo P	Romaniyah
Laeli Helfa M	Umiyatul A	Fahim W	Sartika P
Lutfi M	Wardhana D	Farah H	Tri Nurul H
M Faruq R	Yuliana H	Febri F	Uswatun H
M Mustofal	Zulfana S	Fendi K	

LAMPIRAN 12

Tabulasi Data Hasil Penilaian Ahli Materi

Aspek Penilaian	Nomor Butir Penilaian	X_1	X_2	ΣX	ΣX Per Aspek	$\bar{X}$ Per Aspek	Persentase dari Skor Ideal
Kualitas Isi	1	3	4	7	43	21,5	89,58%
	2	2	3	5			
	3	4	4	8			
	4	4	4	8			
	5	4	3	7			
	6	4	4	8			
Metakognisi	7	4	4	8	31	15,5	96,88%
	8	4	4	8			
	9	4	3	7			
	10	4	4	8			
<i>Self Instructional</i>	11	4	4	8	46	23	95,83%
	12	4	3	7			
	13	4	4	8			
	14	4	4	8			
	15	4	3	7			
	16	4	4	8			
<i>Adaptive</i>	17	4	4	8	15	7,5	93,75%
	18	4	3	7			
Jumlah	18	69	66	135	135	67,5	93,75%

Penilaian Keseluruhan

Jumlah butir penilaian	18
Skor maksimal ideal	72
Skor minimal ideal	18
Mi	$1/2 (72+18) = 45$
SBi	$1/6 (72 - 18) = 9$

$\bar{X} = 67,5$ (sangat baik)

Persentase keidealan = $\frac{67,5}{72} \times 100\% = 93,75\%$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 54$	Sangat Baik
$45 \leq \bar{X} < 54$	Baik
$36 \leq \bar{X} < 45$	Kurang
$\bar{X} < 36$	Sangat Kurang

a. Aspek Kualitas Isi

Jumlah butir penilaian	6
Skor maksimal ideal	24
Skor minimal ideal	6
Mi	$1/2 (24 + 6) = 15$
SBi	$1/6 (24 - 6) = 3$

$$\bar{X} = 21,5 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{21,5}{24} \times 100\% = 89,58\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 18$	Sangat Baik
$15 \leq \bar{X} < 18$	Baik
$12 \leq \bar{X} < 15$	Kurang
$\bar{X} < 12$	Sangat Kurang

b. Aspek Metakognisi

Jumlah butir penilaian	4
Skor maksimal ideal	16
Skor minimal ideal	4
Mi	$1/2 (16 + 4) = 10$
SBi	$1/6 (16 - 4) = 2$

$$\bar{X} = 15,5 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{15,5}{16} \times 100\% = 96,88\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 12$	Sangat Baik
$10 \leq \bar{X} < 12$	Baik
$8 \leq \bar{X} < 10$	Kurang
$\bar{X} < 8$	Sangat Kurang

c. Aspek Self Instructional

Jumlah butir penilaian	6
Skor maksimal ideal	24
Skor minimal ideal	6
Mi	$1/2 (24 + 6) = 15$
SBi	$1/6 (24 - 6) = 3$

$$\bar{X} = 23 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{23}{24} \times 100\% = 95,83\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 18$	Sangat Baik
$15 \leq \bar{X} < 18$	Baik
$12 \leq \bar{X} < 15$	Kurang
$\bar{X} < 12$	Sangat Kurang

d. Aspek Adaptive

Jumlah butir penilaian	2
Skor maksimal ideal	8
Skor minimal ideal	2
Mi	$1/2 (8 + 2) = 5$
SBi	$1/6 (8 - 2) = 1$

$$\bar{X} = 7,5 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{7,5}{8} \times 100\% = 93,75\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
$5 \leq \bar{X} < 6$	Baik
$4 \leq \bar{X} < 5$	Kurang
$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang

LAMPIRAN 13

Tabulasi Data Hasil Penilaian Ahli Media

Aspek Penilaian	Nomor Butir Penilaian	X_1	X_2	ΣX	ΣX Per Aspek	X Per Aspek	Persentase dari Skor Ideal
Organisasi Modul	1	4	4	8	48	24	100%
	2	4	4	8			
	3	4	4	8			
	4	4	4	8			
	5	4	4	8			
	6	4	4	8			
Daya Tarik Modul	7	4	4	8	38	19	95%
	8	4	3	7			
	9	4	4	8			
	10	4	4	8			
	11	4	3	7			
Bentuk dan Ukuran Huruf Modul	12	4	3	7	28	14	87.50%
	13	4	3	7			
	14	4	3	7			
	15	4	3	7			
Bahasa Modul	16	4	4	8	24	12	100%
	17	4	4	8			
	18	4	4	8			
Konsistensi Modul	19	4	4	8	15	7.5	93.75%
	20	3	4	7			
Jumlah	20	79	74	153	153	76.5	95.63%

Penilaian Keseluruhan

Jumlah butir penilaian	20
Skor maksimal ideal	80
Skor minimal ideal	20
Mi	$1/2 (80 + 20) = 50$
SBi	$1/6 (80 - 20) = 10$
$\bar{X} = 76,5$ (sangat baik)	
Persentase keidealan	$= \frac{76,5}{80} \times 100\% = 95,63\%$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 60$	Sangat Baik
$50 \leq \bar{X} < 60$	Baik
$40 \leq \bar{X} < 50$	Kurang
$\bar{X} < 40$	Sangat Kurang

a. Aspek Organisasi Modul

Jumlah butir penilaian	6
Skor maksimal ideal	24
Skor minimal ideal	6
Mi	$1/2 (24 + 6) = 15$
SBi	$1/6 (24 - 6) = 3$

$$\bar{X} = 24 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{24}{24} \times 100\% = 100\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 18$	Sangat Baik
$15 \leq \bar{X} < 18$	Baik
$12 \leq \bar{X} < 15$	Kurang
$\bar{X} < 12$	Sangat Kurang

b. Aspek Daya Tarik Modul

Jumlah butir penilaian	5
Skor maksimal ideal	20
Skor minimal ideal	5
Mi	$1/2 (20 + 5) = 12,5$
SBi	$1/6 (20 - 5) = 2,5$

$$\bar{X} = 19 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{19}{20} \times 100\% = 95\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 15$	Sangat Baik
$15 \leq \bar{X} < 12,5$	Baik
$12,5 \leq \bar{X} < 10$	Kurang
$\bar{X} < 10$	Sangat Kurang

c. Aspek Bentuk dan Ukuran Huruf Modul

Jumlah butir penilaian	4
Skor maksimal ideal	16
Skor minimal ideal	4
Mi	$1/2 (16 + 4) = 10$
SBi	$1/6 (16 - 4) = 2$

$$\bar{X} = 14 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{14}{16} \times 100\% = 87,50\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 12$	Sangat Baik
$10 \leq \bar{X} < 12$	Baik
$8 \leq \bar{X} < 10$	Kurang
$\bar{X} < 8$	Sangat Kurang

d. Aspek Bahasa Modul

Jumlah butir penilaian	3
Skor maksimal ideal	12
Skor minimal ideal	3
Mi	$1/2 (12 + 3) = 7,5$
SBi	$1/6 (12 - 3) = 1,5$

$$\bar{X} = 12 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{12}{12} \times 100\% = 100\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 9$	Sangat Baik
$7,5 \leq \bar{X} < 9$	Baik
$6 \leq \bar{X} < 7,5$	Kurang
$\bar{X} < 6$	Sangat Kurang

e. Aspek Konsistensi Modul

Jumlah butir penilaian	2
Skor maksimal ideal	8
Skor minimal ideal	2
Mi	$1/2 (8 + 2) = 5$
SBi	$1/6 (8 - 2) = 1$

$$\bar{X} = 7.5 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{7.5}{8} \times 100\% = 93,75\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
$5 \leq \bar{X} < 6$	Baik
$4 \leq \bar{X} < 5$	Kurang
$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang

LAMPIRAN 14

Tabulasi Data Hasil Penilaian Guru Fisika SMA/MA

Aspek Penilaian	Nomor Butir Penilaian	X_1	X_2	X_3	ΣX	ΣX Per Aspek	$\bar{X}$ Per Aspek	Persentase dari Skor Ideal
Metakognisi	1	3	4	3	10	56	18,67	77,79%
	2	2	4	3	9			
	3	3	3	4	10			
	4	3	3	3	9			
	5	3	3	3	9			
	6	3	3	3	9			
Self Instructional	7	3	3	3	9	56	18,67	77,79%
	8	3	3	3	9			
	9	4	3	3	10			
	10	4	3	3	10			
	11	3	4	3	10			
	12	2	3	3	8			
Self Contained	13	4	4	4	12	21	7	87,50%
	14	3	3	3	9			
Stand Alone	15	2	3	3	8	18	6	75%
	16	3	4	3	10			
Adaptive	17	3	4	3	10	28	9,33	77,75%
	18	3	3	3	9			
	19	3	3	3	9			
User Friendly	20	3	3	3	9	19	6,33	79,12%
	21	3	4	3	10			
Daya Tarik	22	4	4	4	12	42	14	87,50%
	23	4	4	4	12			
	24	3	3	3	9			
	25	3	3	3	9			
Bahasa	26	3	4	3	10	20	6,67	83,38%
	27	3	4	3	10			
Jumlah	27	83	92	85	260	260	86,67	80,25%

Penilaian Keseluruhan

Jumlah butir penilaian	27
Skor maksimal ideal	108
Skor minimal ideal	27
Mi	$1/2 (108 + 27) = 67,5$
SBi	$1/6 (108 - 27) = 13,5$

$$\bar{X} = 86,67 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{86,67}{108} \times 100\% = 80,25\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 81$	Sangat Baik
$67,5 \leq \bar{X} < 81$	Baik
$54 \leq \bar{X} < 67,5$	Kurang
$\bar{X} < 54$	Sangat Kurang

a. Aspek Metakognisi

Jumlah butir penilaian	6
Skor maksimal ideal	24
Skor minimal ideal	6
Mi	$1/2 (24 + 6) = 15$
SBi	$1/6 (24 - 6) = 3$

$$\bar{X} = 18,67 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{18,67}{24} \times 100\% = 77,79\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 18$	Sangat Baik
$15 \leq \bar{X} < 18$	Baik
$12 \leq \bar{X} < 15$	Kurang
$\bar{X} < 12$	Sangat Kurang

b. Aspek Self Instructional

Jumlah butir penilaian	6
Skor maksimal ideal	24
Skor minimal ideal	6
Mi	$1/2 (24 + 6) = 15$
SBi	$1/6 (24 - 6) = 3$

$$\bar{X} = 18,67 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{18,67}{24} \times 100\% = 77,79\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 18$	Sangat Baik
$15 \leq \bar{X} < 18$	Baik
$12 \leq \bar{X} < 15$	Kurang
$\bar{X} < 12$	Sangat Kurang

c. Aspek Self Contained

Jumlah butir penilaian	2
Skor maksimal ideal	8
Skor minimal ideal	2
Mi	$1/2 (8 + 2) = 5$
SBi	$1/6 (8 - 2) = 1$

$$\bar{X} = 7 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{7}{8} \times 100\% = 87,50\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
$5 \leq \bar{X} < 6$	Baik
$4 \leq \bar{X} < 5$	Kurang
$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang

d. Aspek Stand Alone

Jumlah butir penilaian	2
Skor maksimal ideal	8
Skor minimal ideal	2
Mi	$1/2 (8 + 2) = 5$
SBi	$1/6 (8 - 2) = 1$

$$\bar{X} = 6 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{6}{8} \times 100\% = 75\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
$5 \leq \bar{X} < 6$	Baik
$4 \leq \bar{X} < 5$	Kurang
$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang

e. Aspek Adaptive

Jumlah butir penilaian	3
Skor maksimal ideal	12
Skor minimal ideal	3
Mi	$1/2 (12 + 3) = 7,5$
SBi	$1/6 (12 - 3) = 1,5$

$$\bar{X} = 9,33 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{9,33}{12} \times 100\% = 77,75\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 9$	Sangat Baik
$7,5 \leq \bar{X} < 9$	Baik
$6 \leq \bar{X} < 7,5$	Kurang
$\bar{X} < 6$	Sangat Kurang

f. Aspek User Friendly

Jumlah butir penilaian	2
Skor maksimal ideal	8
Skor minimal ideal	2
Mi	$1/2 (8 + 2) = 5$
SBi	$1/6 (8 - 2) = 1$

$$\bar{X} = 6,33 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{6,33}{8} \times 100\% = 79,12\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
$5 \leq \bar{X} < 6$	Baik
$4 \leq \bar{X} < 5$	Kurang
$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang

g. Aspek Daya Tarik

Jumlah butir penilaian	4
Skor maksimal ideal	16
Skor minimal ideal	4
Mi	$1/2 (16 + 4) = 10$
SBi	$1/6 (16 - 4) = 2$

$$\bar{X} = 14 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{14}{16} \times 100\% = 87,50\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 12$	Sangat Baik
$10 \leq \bar{X} < 12$	Baik
$8 \leq \bar{X} < 10$	Kurang
$\bar{X} < 8$	Sangat Kurang

h. Aspek Bahasa

Jumlah butir penilaian	2
Skor maksimal ideal	8
Skor minimal ideal	2
Mi	$1/2 (8 + 2) = 5$
SBi	$1/6 (8 - 2) = 1$

$$\bar{X} = 6,67 \text{ (sangat baik)}$$

$$\text{Persentase keidealan} = \frac{6,67}{8} \times 100\% = 83,38\%$$

Interval Nilai	Interpretasi
$\bar{X} \geq 6$	Sangat Baik
$5 \leq \bar{X} < 6$	Baik
$4 \leq \bar{X} < 5$	Kurang
$\bar{X} < 4$	Sangat Kurang

Data Respon Siswa Uji Coba Terbatas Aspek Metakognisi

Nama	Nomor Butir Aspek Metakognisi																							Jml
	1	18	4	21	6	32	8	13	11	22	12	29	16	24	19	26	23	34	30	28	33	5		
Addien M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Bimo A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	20
Ema W	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	17
Kholisyatur R	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	20
Laksita R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Adi Gilang F	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	17
M. Wildan A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	20
Nur Azizah	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
Raficha Ami	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	18
Jumlah	9	9	9	9	9	9	6	6	7	5	9	6	8	7	9	7	9	9	7	8	8	6	171	
Persentase Ideal																							86,36%	

Data Respon Siswa Uji Coba Terbatas Aspek *Self Instructional*, Aspek *User Friendly*, Aspek daya Tarik, dan Aspek Bahasa

Nama	Aspek <i>Self Instructional</i>		Jumlah	Aspek <i>User Friendly</i>				Jumlah	Aspek Daya Tarik				Jumlah	Aspek Bahasa		Jumlah
	25	20		9	27	14	31		2	7	15	10		17	3	
Addien M	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Bimo A	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Ema W	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Kholisyatur R	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Laksita R	1	1	2	0	1	1	1	3	1	1	1	1	4	1	1	2
Adi Gilang F	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	0	2	1	1	2
M. Wildan A	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	0	2	1	1	2
Nur Azizah	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Raficha Ami	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Jumlah	9	9	18	8	9	9	7	33	9	9	5	5	28	9	9	18
Persentase Ideal	100%		91,67%				77,78%				100%					

Keterangan:



: Pernyataan positif



: Pernyataan negatif

a. Persentase Ideal Aspek Metakognisi

$$R : 171$$

$$SM : 22 \times 9 = 198$$

$$Np : \frac{171}{198} \times 100\% = 86,36\%$$

b. Persentase Ideal Aspek *Self Instructional*

$$R : 18$$

$$SM : 2 \times 9 = 18$$

$$Np : \frac{18}{18} \times 100\% = 100\%$$

c. Persentase Ideal Aspek Bahasa

$$R : 18$$

$$SM : 2 \times 9 = 18$$

$$Np : \frac{18}{18} \times 100\% = 100\%$$

c. Persentase Ideal Aspek *User Friendly*

$$R : 33$$

$$SM : 4 \times 9 = 36$$

$$Np : \frac{33}{36} \times 100\% = 91,67\%$$

d. Persentase Ideal Aspek Daya Tarik Modul

$$R : 28$$

$$SM : 4 \times 9 = 36$$

$$Np : \frac{28}{36} \times 100\% = 77,78\%$$

Data Tanggapan Siswa Uji Terbatas Keseluruhan Aspek

Aspek Penilaian	Σ Skor Per Aspek	Rata-rata	Persentase dari Skor Ideal
Metakognisi	171	19	86,36%
<i>Self Instructional</i>	18	2	100%
<i>User Friendly</i>	33	3,67	91,67%
Daya Tarik Modul	28	3,11	77,78%
Bahasa Modul	18	2	100%
Jumlah	268	29,78	87,58%

Persentase Ideal Keseluruhan

$$R : 268$$

$$SM : 34 \times 9 = 306$$

$$Np : \frac{268}{306} \times 100\% = 87,58\%$$

LAMPIRAN 16

Data Respon Siswa Uji Coba Luas

Data Respon Siswa Uji Coba Luas Aspek Metakognisi

Nama	Nomor Butir Aspek Metakognisi																						Jml
	1	18	4	21	6	32	8	13	11	22	12	29	16	24	19	26	23	34	30	28	33	5	
Amilatul N	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	16
Anas M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	20
Andrik N	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	15
Anugrah A	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	18
Arizka N	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	19
Astriyanti	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
Dian Nur C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
Ika W	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Irfan C	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	19
Isna L	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	19
Laeli Helfa M	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	15
Lutfi M	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
M Faruq R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	18
M Mustofal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	20
Netty N	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	18
Nih Nur S	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	16

Nikmatul A	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Nuria H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	20
Ria Maezuroh	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
Sandra S	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	16
Sofiah N	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	19
Suci S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
Sukur P	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	18
Ulfa M	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	17
Umiyatul A	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	16
Wardhana D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	19
Yuliana H	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	15
Zulfana S	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	17
Ahis M	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
Ana Rofiqoh	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	16
Arum E	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
Astri L	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	17
Auliya K	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	17
Ayu M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Basuki E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Diah D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1		19
Dina E	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	19
Edo P	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	17

Data Respon Siswa Uji Coba Luas Aspek *Self Instructional*, Aspek *User Friendly*, Aspek daya Tarik, dan Aspek Bahasa

Nama	Aspek <i>Self Instructional</i>		Jml	Aspek <i>User Friendly</i>				Jml	Aspek Daya Tarik Modul				Jml	Aspek Bahasa		Jml
	25	20		9	27	14	31		2	7	15	10		17	3	
Amilatul N	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Ana Rofiqoh	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Anas M	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	0	2	1	1	2
Andrik N	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Anugrah A	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Arizka	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Astriyanti	1	0	1	1	1	1	1	4	1	1	0	1	3	1	0	1
Dian Nur C	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Ika W	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Irfan C	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Isna L	1	0	1	1	1	1	0	3	1	0	0	0	1	1	1	2
Laeli Helfa M	1	1	2	1	1	0	1	3	1	1	1	1	4	1	1	2
Lutfi M	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	1	3	1	1	2
M Faruq R	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	0	2	1	1	2
M Mustofal	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Netty N	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Nih Nur S	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Nikmatul A	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2

Nuria H	1	1	2	1	1	0	0	2	1	0	1	1	3	1	1	2
Ria Maezuroh	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	1	3	1	0	1
Sandra S	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Sofiah N	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Suci S	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Sukur P	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Ulfa M	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Umiyatul A	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Wardhana D	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	0	2	1	1	2
Yuliana H	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Zulfana S	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Ahis M	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	1	3	1	0	1
Arum E	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	1	3	1	1	2
Astri L	1	1	2	1	1	0	1	3	1	1	1	1	4	1	1	2
Auliya K	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Ayu M	1	0	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	0	1
Basuki E	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	0	0	2	1	1	2
Diah D	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	1	3	1	1	2
Dina E	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	1	1	4	1	1	2
Edo P	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Fahim W	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Farah H	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2

Febri F	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Fendi K	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Fetiyani	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Iftakhul S	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	1	3	1	1	2
Kurniyawati	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	1	1	4	1	0	1
Latifatus Z	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Lukman H	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
M Farichin	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
M Saifudin	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Norma Y	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Retno P	1	1	2	1	1	0	1	3	1	0	0	0	1	1	1	2
Romaniyah	1	1	2	1	1	1	0	3	1	1	0	0	2	1	1	2
Sartika P	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2
Tri Nurul H	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Uswatun H	1	1	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	1	1	2
Jumlah	55	44	99	55	55	41	27	178	55	52	24	31	162	55	50	105
Persentase dari skor ideal	90,00%			80,91%				73,64%					95,45%			

Keterangan:



: Pernyataan positif



: Pernyataan negatif



: Kelas XI IPA 3



: Kelas XI IPA 4

a. Persentase Ideal Aspek Metakognisi

$$R : 1008$$

$$SM : 22 \times 55 = 1210$$

$$Np : \frac{1008}{1210} \times 100\% = 83,31\%$$

b. Persentase Ideal Aspek *Self Instructional*

$$R : 99$$

$$SM : 2 \times 55 = 110$$

$$Np : \frac{99}{110} \times 100\% = 90,00\%$$

c. Persentase Ideal Aspek Bahasa

$$R : 105$$

$$SM : 2 \times 55 = 110$$

$$Np : \frac{105}{110} \times 100\% = 95,45\%$$

c. Persentase Ideal Aspek *User Friendly*

$$R : 178$$

$$SM : 4 \times 55 = 220$$

$$Np : \frac{178}{220} \times 100\% = 80,91\%$$

d. Persentase Ideal Aspek Daya Tarik Modul

$$R : 162$$

$$SM : 4 \times 55 = 220$$

$$Np : \frac{162}{220} \times 100\% = 73,64\%$$

Data Tanggapan Siswa Uji Luas Keseluruhan Aspek

Aspek Penilaian	Σ Skor Per Aspek	Rata-rata	Persentase dari Skor Ideal
Metakognisi	1008	18,33	83,31%
<i>Self Instructional</i>	99	1,8	90,00%
<i>User Friendly</i>	178	3,24	80,91%
Daya Tarik Modul	162	2,94	73,64%
Bahasa Modul	105	1,91	95,45%
Jumlah	1552	28,22	82,99%

Persentase Ideal Keseluruhan

$$R : 1552$$

$$SM : 34 \times 55 = 1870$$

$$Np : \frac{1552}{1870} \times 100\% = 82,99\%$$

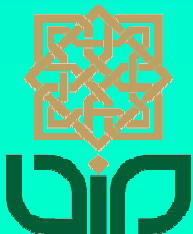
LAMPIRAN 17**PRODUK AKHIR****MODUL FISIKA BERBASIS METAKOGNISI PADA MATERI POKOK
ELASTISITAS DAN GERAK HARMONIK SEDERHANA**

Disusun Oleh:
Affa Ardhi Saputri
Pembimbing:
Winarti, M.Pd.Si

153
Modul Fisika Berbasis Metakognisi

fisika

Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta

Modul Fisika Berbasis Metakognisi

Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

Untuk SMA/MA Kelas XI



Disusun Oleh:
Affa Ardhi Saputri

Pembimbing:
Winarti, M.Pd.Si

Modul Fisika Berbasis Metakognisi

Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

Untuk SMA/MA Kelas XI Semester 1

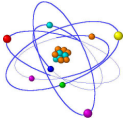
2013

Penulis:
Affa Ardhi Saputri

Desain Sampul:
Affa Ardhi Saputri

Ilustrator:
Affa Ardhi Saputri

Dilarang keras mengutip, menjiplak, memperbanyak, atau memfotokopi baik sebagian atau seluruh isi modul ini tanpa mendapat ijin tertulis dari penulis, kecuali untuk meningkatkan mutu pendidikan Indonesia.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kita akal, pikiran, daya cipta, rasa, dan karsa sehingga penulis dapat menyelesaikan modul fisika berbasis metakognisi pada materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

Penulis menyusun modul ini untuk memenuhi kebutuhan siswa akan pengetahuan, sejumlah kemampuan yang dipersyaratkan untuk memasuki jenjang pendidikan yang lebih tinggi, serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Selain itu, modul ini juga ditulis untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan metakognisi, mengembangkan kemampuan memecahkan masalah fisika, meningkatkan pengalaman belajar siswa, memupuk sikap ilmiah, dan membentuk sikap positif terhadap fisika.

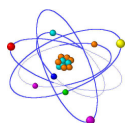
Modul dikembangkan berdasarkan pada paradigma baru pembelajaran yang berorientasi pada siswa atau *student centered*. Bagian-bagian yang dimuat dalam modul adalah sebagai berikut:

1. Pendahuluan terdiri dari Deskripsi, Apersepsi, dan Motivasi; Prasyarat; Petunjuk Penggunaan Modul; Tujuan Akhir; Kompetensi; dan Cek Kemampuan, yang memuat berbagai pengetahuan yang diperlukan siswa sebelum mempelajari modul lebih lanjut.
2. Pembelajaran terdiri dari Tujuan Pembelajaran; Rencana Belajar; Uraian Materi; Kegiatan (latihan dan tugas); Ayo Cari Tahu (referensi); Sekilas Info Fisika (pengayaan); Jurnal Belajar (refleksi diri); dan Rangkuman Materi, yang dijabarkan secara kontekstual dan menarik.
3. Evaluasi, Glosarium, Kunci Jawaban, dan Daftar Pustaka, untuk menguji penguasaan materi yang telah dipelajari dan data-data terkait dengan modul.

Penulis berharap semoga modul ini bermanfaat bagi siswa untuk memperoleh pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena alam. Semoga modul ini dapat digunakan oleh guru sebagai bahan acuan dalam mengajar fisika. Kritik dan saran selalu terbuka untuk perbaikan modul ini agar menjadi lebih baik lagi.

Yogyakarta, 11 Februari 2013

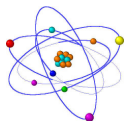
Penulis



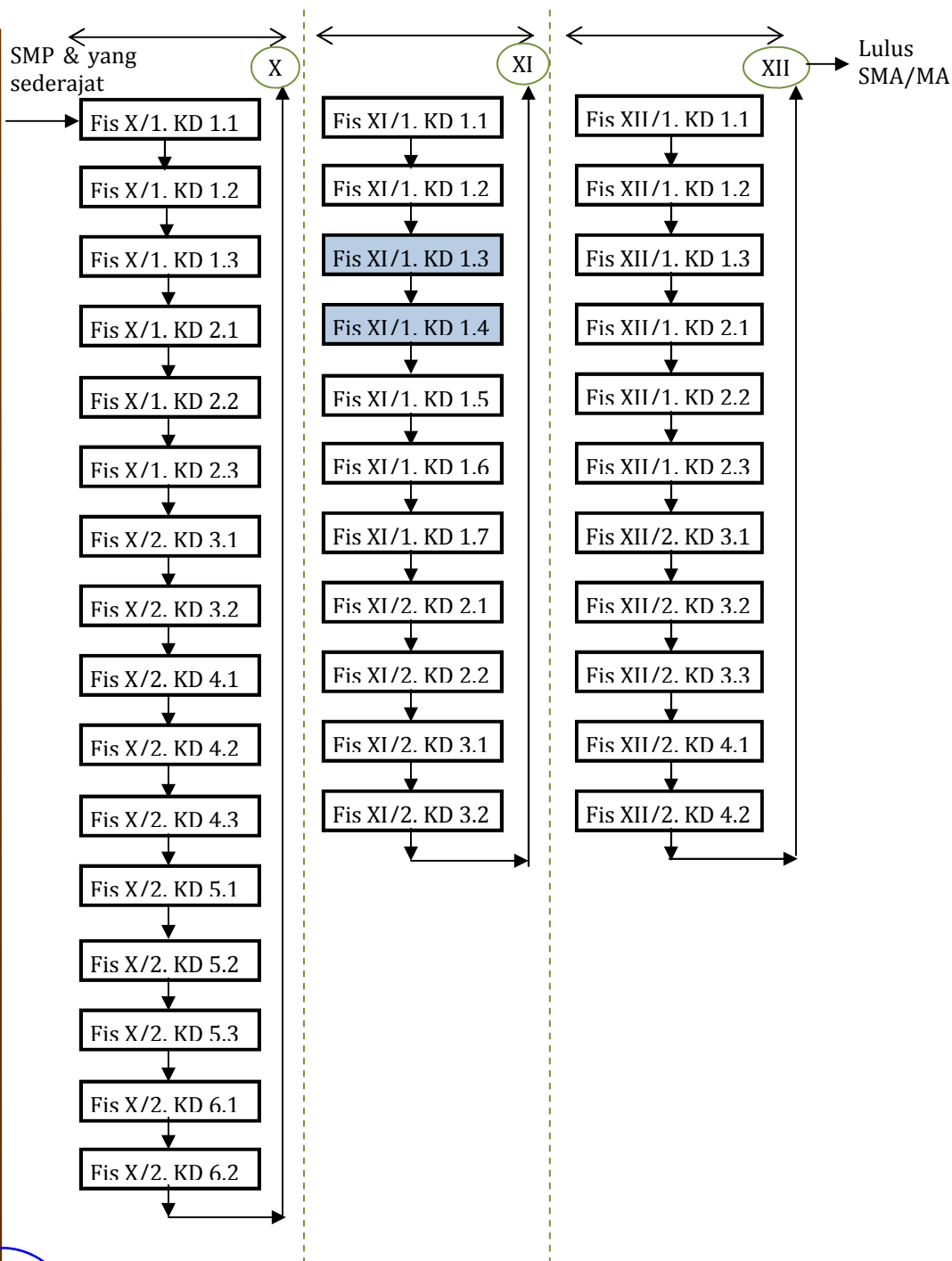
DAFTAR ISI

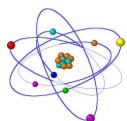
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN FRANCIS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
PETA KEDUDUKAN MODUL DALAM KESELURUHAN MATERI FISIKA	viii
PETA KONSEP	ix
I. PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi, Apersepsi dan Motivasi	1
B. Prasyarat	3
C. Petunjuk Penggunaan Modul	3
D. Tujuan Akhir	4
E. Kompetensi	5
F. Cek Kemampuan	9
II. PEMBELAJARAN	10
Kompetensi Dasar 1.3	10
Unit Kegiatan Belajar 1	11
Elastisitas Bahan	11
a. Pengertian Elastisitas	12
b. Tegangan	16
c. Regangan	18
d. Modulus Elastis	19
Unit Kegiatan Belajar 2	27
Hukum Hooke dan Energi Pegas	27
a. Hukum Hooke	28
b. Konstanta Gaya Benda Elastis	32
c. Energi Sistem Pegas	33
Unit Kegiatan Belajar 3	40
Susunan Pegas	40
a. Susunan Pegas Seri	41
b. Susunan Pegas Paralel	43
Unit Kegiatan Belajar 4	48
Penerapan Elastisitas dalam Kehidupan Sehari-hari	48
a. Peredam Getaran atau Guncangan pada Kendaraan	49
b. Karet Ketapel	50

c. <i>Spring Bed</i>	51
d. Dinamometer	51
e. Penerapan Elastisitas pada Konstruksi Bangunan	52
f. Penerapan Elastisitas pada Bidang Olahraga	53
Rangkuman Materi	57
EVALUASI KD 1.3	58
Kompetensi Dasar 1.4	61
Unit Kegiatan Belajar 5	62
Gerak Harmonik Sederhana	62
a. Pengertian Gerak Harmonik Sederhana	63
b. Gaya Pemulih/ Gaya Lenting Pulih	64
Unit Kegiatan Belajar 6	69
Persamaan dan Energi Gerak Harmonik Sederhana	69
a. Periode dan Frekuensi Sistem Pegas	70
b. Periode dan Frekuensi Bandul Sederhana	73
Unit Kegiatan Belajar 7	77
Persamaan Gerak Harmonik Sederhana	77
a. Simpangan Gerak Harmonik Sederhana	78
b. Kecepatan Gerak Harmonik Sederhana	80
c. Percepatan Gerak Harmonik Sederhana	80
d. Superposisi Gerak Harmonik Sederhana	84
e. Energi Gerak Harmonik Sederhana	87
Ringkasa materi	91
EVALUASI KD 1.4	93
GLOSARIUM	96
KUNCI JAWABAN	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	99

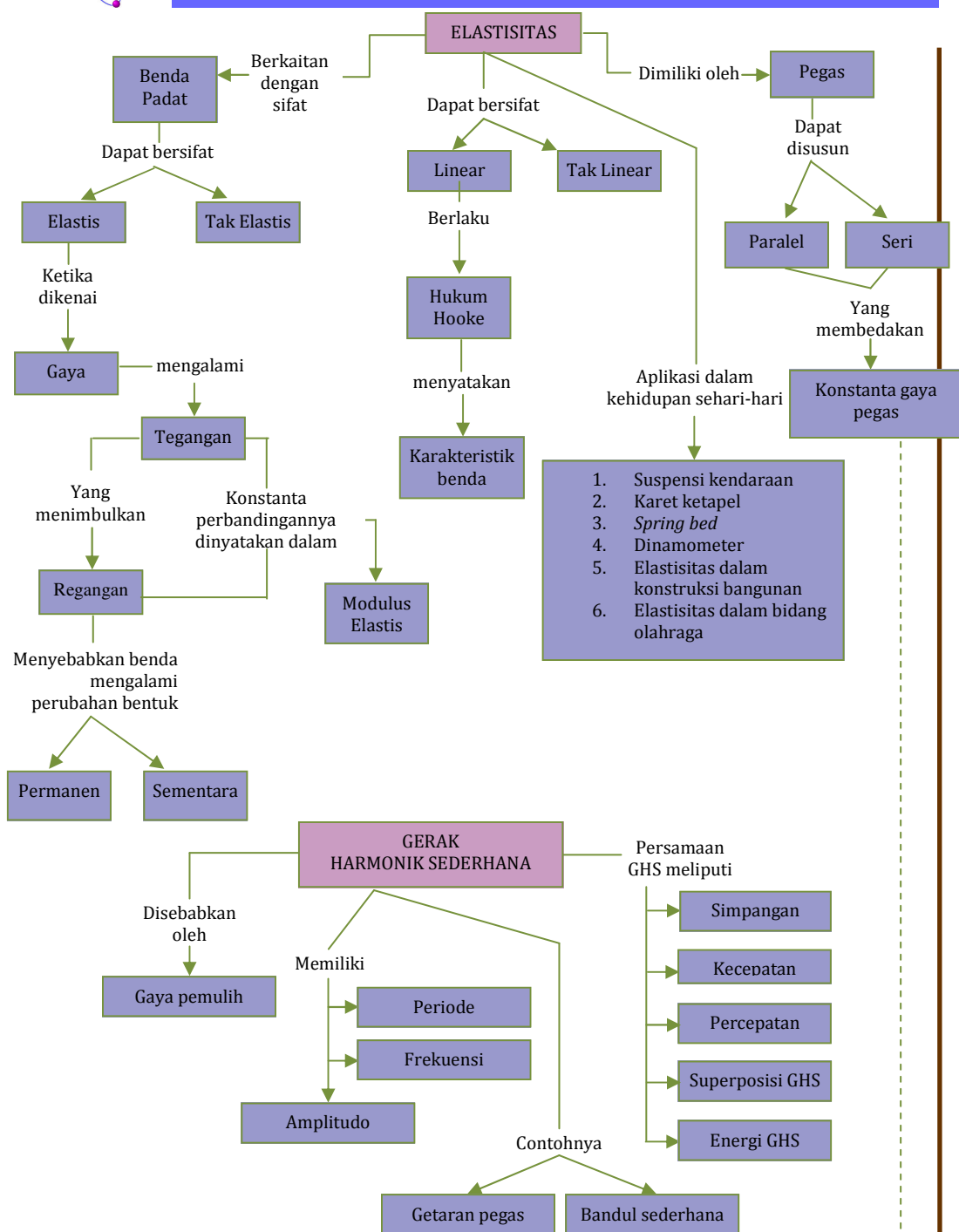


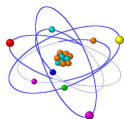
PETA KEDUDUKAN MODUL DALAM KESELURUHAN MATERI FISIKA





PETA KONSEP





PENDAHULUAN

A. Deskripsi, Apersepsi dan Motivasi

1. Deskripsi

Elastisitas dan gerak harmonik sederhana disampaikan secara kontekstual, dengan mengidentifikasi permasalahan yang sesuai dengan kehidupan sehari-hari. Kita ketahui bahwa elastisitas dan gerak harmonik sederhana merupakan konsep fisika yang esensial. Berbagai peralatan mekanik diciptakan sesuai dengan konsep elastisitas. Sebagai contoh pembuatan *springbed*, suspensi sepeda motor, sampai dengan pembuatan jembatan yang megah pun menggunakan prinsip elastisitas. Gerak harmonik sederhana juga tidak kalah penting. Pembuatan jam, pengukuran gravitasi, dan berbagai peralatan elektronik tidak lepas dari prinsip tersebut.

Praktikum sederhana tentang elastisitas dan gerak harmonik sederhana disajikan dalam kegiatan “Eksperimen Sederhana”. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memperkaya pengalaman belajar dan melatih berbagai keterampilan siswa. Eksperimen Sederhana juga diharapkan dapat melatih siswa melakukan kegiatan ilmiah, menggunakan metode ilmiah dan menerapkan sikap ilmiah sesuai dengan karakteristik mata pelajaran fisika.

Jurnal Belajar memuat kegiatan refleksi diri yang merupakan kegiatan penting dalam pembelajaran. Selain itu, Jurnal Belajar juga berfungsi sebagai *self assessing* untuk memonitor proses belajar masing-masing siswa dan mengukur tingkat pemahamannya.

2. Apersepsi dan Motivasi

“Pernahkah kalian melihat seseorang memanah?”.

Panah dikategorikan sebagai sebuah senjata, yang digunakan untuk menembakkan anak panah. Biasanya senjata ini digunakan untuk berburu dan sebagai salah satu peralatan perang jaman dahulu. Panah juga digunakan sebagai alat utama dalam olahraga panahan. Anak panah dapat melesat karena adanya kekuatan elastisitas dari panah.

“Apakah elastisitas itu?”.

Elastisitas adalah sifat suatu benda apabila dikenakan sebuah gaya, benda tersebut mampu kembali ke bentuk semula.

Secara umum busur panah terdiri atas *limb* yang melengkung, dengan tali busur terikat pada kedua ujungnya. Saat tali busur di beri gaya tarikan ke belakang, *limb* akan melengkung lebih dalam, mengubah energi kinetik tarikan tali busur menjadi energi potensial pegas. Ketika tarikan dilepaskan tali busur akan segera kembali ke bentuk semula. Energi potensial pegas yang tersimpan diubah kembali menjadi energi energi kinetik dan mampu meluncurkan anak panah ke depan.

Perhatikan juga ketika tali busur panah ditarik kemudian dilepaskan, tali akan bergetar dan melakukan gerak harmonik sederhana.

“Apakah gerak harmonik sederhana itu?”

Gerak harmonik sederhana adalah gerak bolak-balik benda di sekitar titik keseimbangannya.

Kita mendapatkan dua istilah fisika baru yaitu, elastisitas dan gerak harmonik sederhana. Terdapat fakta menarik tentang elastisitas dan gerak harmonik sederhana. Bumi kita ini ternyata merupakan suatu sistem ideal yang melakukan gerak harmonik dan bersifat elastis. Bayangkan jika bumi tidak bersifat elastis, bumi tidak akan mampu menahan kecepatannya dalam berotasi sehingga sangat memungkinkan bumi meledak.

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah menciptakan sistem jagad raya ini dengan sangat indah dan ideal. Kewajiban kita sebagai makhluk-Nya adalah menjaga kelestarian bumi yang diamanahkan kepada kita. Kewajiban kalian sebagai pelajar adalah belajar. Belajar bagaimana jalannya mekanisme sistem fisika di muka bumi ini dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, kalian dapat memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berguna bagi diri kalian sendiri, keluarga, masyarakat, bangsa dan negara.

“Semakin tertantang untuk mempelajari elastisitas dan gerak harmonik sederhana?”.

Modul ini akan menemani dan memandu kalian untuk mempelajari elastisitas dan gerak harmonik sederhana.

“Selamat Belajar...”.



B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari materi ini kalian harus menguasai beberapa konsep fisika terlebih dahulu. Konsep-konsep tersebut diantaranya adalah:

1. Besaran dan Satuan
2. Gerak Melingkar Beraturan
3. Hukum Newton tentang Gerak
4. Kinematika gerak
5. Analisis Vektor Skalar

C. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul fisika materi pokok elastisitas dan gerak harmonik sederhana merupakan modul berbasis metakognisi. Setiap kegiatan pembelajaran diawali dengan menyajikan masalah dalam kehidupan sehari-hari agar kalian lebih mudah memahaminya. Dengan mempelajari modul, diharapkan kalian dapat mengaktifkan kemampuan metakognisi yang dimiliki. Kemampuan metakognisi sangat berguna untuk meningkatkan *skill* dalam menyelesaikan permasalahan fisika.

Sebelum mempelajari modul ini, alangkah baiknya kalian perhatikan petunjuk penggunaan modul agar mendapatkan hasil yang maksimal.

1. Modul ini berisi Peta Kedudukan Modul, Peta Konsep, Pendahuluan (Deskripsi, Apersepsi dan Motivasi, Prasyarat, Petunjuk Penggunaan Modul, Tujuan Akhir, Kompetensi, dan Cek Kemampuan), Pembelajaran (Tujuan Pembelajaran, Rencana Belajar, Uraian Materi, Kegiatan, Ayo Cari Tahu, Sekilas Info Fisika, Jurnal Belajar, dan Rangkuman Materi), Evaluasi, Glosarium, Kunci Jawaban, Daftar Pustaka, dan Lampiran.
2. Pahami prosedur pembelajaran berikut ini sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
 - a. Tugas/Kegiatan Guru
 - ◆ Menciptakan suasana yang kondusif untuk memulai pembelajaran
 - ◆ Mempersiapkan alat-alat yang diperlukan untuk pembelajaran
 - ◆ Menjelaskan kegiatan yang harus dilaksanakan siswa
 - ◆ Mengawasi dan membantu siswa yang mengalami kesulitan
 - ◆ Memberikan evaluasi kepada siswa

b. Tugas/Kegiatan Siswa

- ◆ Membaca petunjuk pembelajaran
- ◆ Melaksanakan kegiatan belajar secara berurutan
- ◆ Memahami tujuan pembelajaran
- ◆ Mempelajari materi yang terdapat dalam modul
- ◆ Mengerjakan semua “Kegiatan” yang berisi latihan dan tugas dengan baik. Jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru
- ◆ Catatlah kesulitan-kesulitan yang kalian temui ketika mempelajari modul untuk ditanyakan kepada guru pada saat kegiatan pembelajaran.
- ◆ Kegiatan Eksperimen Sederhana, Kolom Diskusi, dan Kreasi Fisika dilaksanakan secara berkelompok.
- ◆ Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar mendapatkan pengetahuan yang luas dan dalam.

D. Tujuan Akhir

Setelah belajar menggunakan modul ini diharapkan:

1. Siswa mampu mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda padat elastis berdasarkan Modulus Young dan mengimplementasikannya pada berbagai bahan (kawat besi, kawat aluminium, tali plastik, dan benang).
2. Siswa mampu menganalisis modulus elastis dan konstanta gaya berdasarkan Hukum Hooke dan mengimplementasikannya dalam konsep energi potensial pegas.
3. Siswa mampu membandingkan konstanta pegas berdasarkan Modulus Elastis dan Hukum Hooke dan mengimplementasikannya pada pegas seri dan paralel.
4. Siswa mampu menganalisis peralatan sehari-hari berdasarkan konsep elastisitas dan mengimplementasikannya pada pembuatan alat sederhana berdasarkan prinsip elastisitas.
5. Siswa mampu menyebutkan karakteristik gerak harmonik berdasarkan Hukum Hooke dan Hukum II Newton dan mengimplementasikannya pada getaran pegas.
6. Siswa mampu menentukan hubungan antara periode dan massa beban berdasarkan konsep gaya pemulih dan gaya sentripetal serta mampu mengimplementasikannya pada sistem pegas dan bandul sederhana.
7. Siswa mampu menganalisis gaya, simpangan, kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial, dan energi mekanik berdasarkan persamaan gerak harmonik sederhana dan mengimplementasikannya dalam penyelesaian masalah gerak harmonik suatu benda.

E. Kompetensi

Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas/Semester	: XI/1
Alokasi Waktu	: 20 jam pelajaran (10 kali pertemuan)
Standar Kompetensi	: Menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan benda titik
Kompetensi Dasar	: 1.3 Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan 1.4 Menganalisis hubungan antara gaya dengan gerak getaran
Materi Pokok	: Elastisitas dan Gerak Harmonik Sederhana

KONDISI KINERJA	Dalam melaksanakan unit kompetensi ini harus didukung dengan tersedianya: • Perangkat praktikum elastisitas bahan • Perangkat praktikum Hukum Hooke • Peralatan atau instrumen yang terkait dengan pelaksanaan unit kompetensi ini Unit Kompetensi yang harus dikuasai sebelumnya: • Fis X/1. KD 1.1 Mengukur besaran fisika (massa, panjang, dan waktu) • Fis X/1. KD 2.2 Menganalisis besaran fisika pada gerak melingkar dengan laju konstan • Fis X/1. KD 2.3 Menerapkan Hukum Newton sebagai prinsip dasar dinamika untuk gerak lurus, gerak vertikal, dan gerak melingkar beraturan • Fis XI/1. KD 1.1 Menganalisis gerak lurus, gerak melingkar dan gerak parabola dengan menggunakan vektor Pengetahuan Yang dibutuhkan: • Cara kerja perangkat praktikum elastisitas bahan • Cara kerja perangkat praktikum Hukum Hooke • Modulus Young beberapa jenis bahan • Cara kerja beberapa peralatan sehari-hari berdasarkan prinsip elastisitas • Konsep dasar Hukum II Newton • Karakteristik dan mekanisme bandul sederhana • Konsep dasar persamaan gelombang/getaran • Konsep dasar energi
-----------------	---

Indikator Pencapaian Materi	Kriteria Kinerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Keterampilan
Mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda padat elastis berdasarkan data praktikum (grafik)	- Praktikum dilakukan menggunakan prosedur, alat dan bahan yang sudah ditentukan - Grafik praktikum disusun berdasarkan karakteristik gaya pada setiap bahan yang berbeda - Modulus Young ditentukan berdasarkan besarnya tegangan dan regangan	- Pengertian elastisitas - Tegangan - Regangan - Modulus Young	- Memilih alat dan bahan praktikum secara teliti - Melaporkan hasil praktikum dengan rasa tanggung jawab	- Pengetian elastisitas - Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastis	- Merangkai alat dan bahan praktikum untuk mengidentifikasi sifat benda elastis - Menggambar grafik praktikum berdasarkan data yang diperoleh
Mengidentifikasi modulus elastis dan konstanta gaya	- Hukum Hooke ditentukan berdasarkan hubungan antara gaya pegas, konstanta pegas, dan pertambahan panjang - Penentuan konstanta pegas dilakukan berdasarkan prosedur, alat dan bahan yang telah ditentukan - Energi potensial pegas ditentukan berdasarkan konsep usaha dan hukum hooke - Hukum kekekalan energi mekanik ditentukan berdasarkan konsep kekekalan energi	- Hukum Hooke - Energi dalam sistem Pegas	- Memilih alat dan bahan praktikum secara teliti - Melaporkan hasil praktikum dengan rasa tanggung jawab	- Pengertian Hukum Hooke - Energi Potensial Pegas - Hukum Kekekalan Energi dalam Sistem Pegas	Merangkai alat dan bahan praktikum untuk menentukan konstanta pegas

Indikator Pencapaian Materi	Kriteria Kinerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Keterampilan
- Membandingkan konstanta pegas berdasarkan data pengamatan - Menganalisis berbagai peralatan sehari-hari berdasarkan konsep elastisitas - Mendeskripsikan karakteristik gerak pada getaran pegas - Menjelaskan hubungan antara periode getaran dengan massa beban berdasarkan data pengamatan	- Tetapan pegas seri dan paralel ditentukan berdasarkan hasil pengamatan - Peralatan sehari-hari dianalisis berdasarkan konsep elastisitas - Karakteristik gerak harmonik ditentukan berdasarkan analisis Hukum Hooke dan Hukum II Newton - Hubungan antara periode dan massa beban ditentukan berdasarkan analisis hasil praktikum - Periode dan frekuensi ditentukan berdasarkan konsep gaya pemulih dan gaya sentripetal	- Susunan Pegas - Penerapan Elastisitas dalam kehidupan sehari-hari - Pengertian Gerak Harmonik Sederhana - Gaya Pemulih - Periode, dan frekuensi gerak harmonik sederhana	- Memilih alat dan bahan praktikum secara teliti - Melaporkan hasil praktikum dengan rasa tanggung jawab - Memperlihatkan sikap responsive yang tepat terhadap permasalahan yang disediakan - Memperlihatkan sikap responsive yang tepat terhadap permasalahan yang disediakan - Memilih alat dan bahan praktikum secara teliti - Melaporkan hasil praktikum dengan rasa tanggung jawab	- Pegas Seri - Pegas Paralel - Suspensi Kendaraan - Karet Ketapel <i>Spring Bed</i> - Dinamometer - Elastisitas pada Konstruksi Bangunan - Elastisitas pada Bidang Olahraga - Gerak Harmonik - Gaya Pemulih - Periode dan Frekuensi sistem pegas - Periode dan frekuensi bandul sederhana	- Merangkai alat dan bahan praktikum untuk membandingkan besar tetapan pegas pada susunan pegas seri dan paralel - Mendemonstrasikan konsep elastisitas dalam peralatan sederhana - Membuat alat sederhana berdasarkan prinsip elastisitas - Merangkai alat dan bahan praktikum untuk menentukan hubungan massa beban dengan periode

Indikator Pencapaian Materi	Kriteria Kinerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Keterampilan
Menganalisis gaya, simpangan, kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial dan energi mekanik pada gerak harmonik sederhana	- Persamaan getaran ditentukan berdasarkan besarnya amplitudo dan kecepatan sudut benda - Kecepatan dan percepatan gerak harmonik ditentukan berdasarkan persamaan getaran - Energi kinetik, potensial dan mekanik ditentukan berdasarkan konsep energi dan persamaan getaran - Hukum kekekalan energi mekanik ditentukan berdasarkan konsep kekekalan energi - Penerapan sifat elastis bahan dalam kehidupan sehari-hari berdasarkan konsep elastisitas	- Persamaan getaran harmonik - Energi getaran harmonik	memperlihatkan sikap responsive yang tepat terhadap permasalahan yang disediakan	- Simpangan gerak harmonik sederhana - Kecepatan gerak harmonik sederhana - Percepatan gerak harmonik sederhana - Superposisi gerak harmonik sederhana - Energi kinetik gerak harmonik sederhana - Energi potensial gerak harmonik sederhana - Energi mekanik gerak harmonik sederhana	Menggambaran superposisi gerak harmonik sederhana dalam bentuk grafik



Ada dua cara untuk memahami kehidupan. Cara pertama dengan menyadari bahwa tidak ada hal yang merupakan mukjizat. Yang kedua menyadari bahwa semua hal adalah mukjizat. *There are only two ways to live your life. One is as though nothing is a miracle. The other is as though everything is a miracle.*

- Albert Einstein

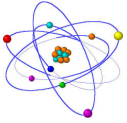
F. Cek Kemampuan

Apabila kalian dapat menjawab seluruh soal dibawah ini, kalian dapat langsung mengambil Unit Kompetensi Fis XI/1. KD 1.3 Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan dan Fis XI/1.KD 1.4 Menganalisis hubungan antara gaya dengan gerak harmonik sederhana.

1. Apakah yang dimaksud dengan sifat elastisitas bahan?
2. Jelaskan tujuan mempelajari elastisitas bahan!
3. Mengapa bahan yang berbeda memiliki elastisitas yang berbeda?
4. Sebutkan alat-alat yang digunakan untuk melakukan eksperimen batas elastis benda!
5. Apakah yang dimaksud dengan gerak harmonik sederhana?
6. Sebutkan contoh elastisitas dan gerak harmonik sederhana dalam kehidupan sehari-hari!

Jawab:

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.



PEMBELAJARAN

ELASTISITAS



KD: 1.3 Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan

Indikator Pencapaian Materi:

1. Mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda padat elastis berdasarkan data praktikum (grafik)
2. Mengidentifikasi modulus elastis dan konstanta gaya
3. Membandingkan tetapan pegas berdasarkan data pengamatan
4. Menganalisis berbagai peralatan sehari-hari berdasarkan konsep elastisitas

1. Elastisitas Bahan



Gambar 1.1 Shock Breaker Sepeda Motor
<http://aguspuernomosite.blogspot.com>

Pegas gambar di atas adalah *Shock Breaker* sepeda motor. Untuk kenyamanan dan keselamatan, maka pada setiap sepeda motor dipasang *shock breaker* untuk meredam setiap guncangan yang terjadi sepanjang perjalanan dan memproyeksikannya menjadi gerakan yang elastis

Indikator:

Mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda padat elastis berdasarkan data praktikum (grafik)

Tujuan Pembelajaran:

1. Siswa dapat memberi contoh benda elastis dan tak elastis
2. Siswa dapat mengetahui perbedaan tegangan dan regangan
3. Siswa dapat mengetahui perbandingan sifat elastis bahan berdasarkan Modulus Elastis bahan tersebut
4. Siswa dapat mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan untuk mengidentifikasi sifat benda elastis beserta dengan alasannya
5. Siswa dapat memprediksi jawaban sementara dari identifikasi sifat benda elastis sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut
6. Siswa dapat mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah yang meliputi tegangan, regangan, dan modulus elastis
7. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan
8. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah
9. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan
10. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari

Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Pengaruh gaya terhadap benda
 - b. Hukum III Newton
 - c. Besaran dan Satuan
2. Alat dan bahan yang diperlukan dalam melaksanakan kegiatan eksperimen harus dipersiapkan. Persiapkan juga berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian membedakan sifat elastis berbagai bahan dan gaya yang diperlukannya untuk kembali ke bentuk semula. Pengetahuan ini sangat penting untuk unit kegiatan belajar berikutnya tentang gaya pemulih dan konsep Hukum Hooke
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 2 kali pertemuan (4 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 2 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

a Pengertian Elastisitas

Kemanakah kalian pergi saat liburan?

Apakah pergi ke sebuah wahana permainan?

Jika jawabannya iya maka pilihan kalian adalah pilihan yang tepat. Banyak permainan seru yang dapat kalian temukan di sana. Salah satunya adalah *inflatable*. Kalian bisa melompat dan tidak perlu khawatir merasa sakit saat terjatuh dalam wahana ini.



Gambar 1.2 Inflatable gladiator jousting

Mau yang lebih ekstrim?

Kalian bisa mencoba wahana *bungee trampoline*. Bungee Trampoline adalah sebuah permainan loncat dengan menggunakan tali dan trampolin yang luar biasa seru dan menyenangkan. Dengan sebuah trampolin sebagai alas loncat, tinggi maksimal yang bisa dihasilkan dari lompatan itu mencapai 10 meter.



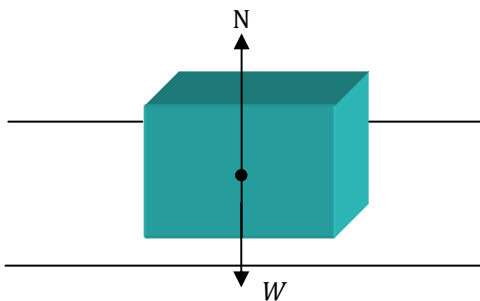
Gambar 1.3 Bungee trampolin

Menarik bukan?

Bandingkan jika kalian melompat di atas tanah liat. Dapatkah tinggi lompatan yang kalian lakukan mencapai 10 meter? Tentu saja jawabannya tidak. Lalu mengapa hal ini dapat terjadi? Mari kita simak ulasan berikut ini.

Kita bandingkan dahulu karakteristik yang membedakan alas berpijak saat melompat di trampolin dan lantai. Jika ditelusuri maka kalian akan menemukan bahwa trampolin terbuat dari bahan yang lentur, sedangkan tanah liat merupakan bahan lunak tetapi ketika diinjak tidak akan kembali ke bentuk semula.

Benda yang lentur disebut dengan benda *elastis*. Sifat *elastis* atau *elastisitas* adalah kemampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan (dibebaskan).



Gambar 1.4 Gaya aksi-reaksi

Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar disamping!

Sebuah benda diletakkan di atas meja. Menurut hukum III Newton, apabila ada gaya aksi akan timbul gaya reaksi. Pada kasus tersebut, benda mempunyai gaya aksi berupa gaya berat W , maka meja atau papan akan melakukan reaksi berbentuk gaya normal N . Gaya berat W dan gaya normal N sama tetapi berlawanan arah.

Banyak benda yang berubah bentuk karena pengaruh gaya. Akan tetapi, benda itu akan pulih kembali seperti semula jika gaya yang mengenainya dihilangkan. Benda inilah yang dinamakan dengan benda elastis. Tanah liat merupakan benda yang lunak tapi tidak lentur. Ketika dikenai gaya yang besar tanah liat akan berubah bentuk dan tidak dapat kembali ke bentuk semula. Benda-benda seperti ini disebut dengan benda *tak elastis* atau *plastis*. Sehingga sifat *plastis* atau *plastisitas* adalah ketidakmampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk awalnya setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan (dibebaskan).

Pertanyaan selanjutnya adalah apa yang menyebabkan perbedaan tinggi lompatan dengan alas trampolin dan tanah liat? Kita akan membahasnya pada subbab selanjutnya. Namun, terlebih dahulu kita akan mengenal lebih jauh benda elastis dan plastis.

Telah kita bahas sebelumnya tentang benda elastis dan plastis. Bagaimana dengan bahan-bahan yang biasanya kita sebut dengan “plastik”? Apakah benda-benda tersebut merupakan bahan plastis atau elastis?

Plastik terbuat dari biji plastik yang bersifat plastis. Biji plastik tersebut dipanaskan dan diolah secara kimiawi dengan mencampurkannya berbagai bahan sintesis. Hasil olahan biji plastik menjadi kuat dan memiliki sifat elastisitas sehingga, bukan merupakan benda plastis lagi.



Gambar 1.6 Biji plastik

Bagaimana dengan kaca dan baja? Apakah kedua benda merupakan benda plastis atau elastis?

Kaca dan baja termasuk bahan elastis sampai pada batas gaya tertentu yang diberikan. Mengejutkan bukan? *Fiber optik* (serat optik) yang terbuat dari kaca dengan mudah dapat kita lengkungkan sama seperti halnya tali. Namun demikian jika gaya yang diberikan terlalu besar, kaca tidak hanya berubah seperti benda plastis, tetapi juga akan terpecah-pecah.



Gambar 1.7 Baja merupakan bahan elastis sampai pada batas elastisitasnya



Gambar 1.5 Aneka jenis plastik

Kalian pasti bertanya dalam hati mengapa baja dikatakan sebagai benda elastis padahal ketika dikenai gaya yang besar bentuk baja tidak kembali lagi ke bentuk semula?

Baja merupakan bahan yang bersifat elastis sementara. Ketika gaya yang diberikan pada bahan tersebut terlalu besar, maka bahan tersebut tidak akan kembali ke bentuk semula. Keadaan ini dikatakan sebagai keadaan dimana batas elastisitas bahan telah terlampaui.

Ayo cari tahu... !

Tertarik dengan proses pembuatan plastik? Kunjungi situs di bawah ini!

1. <http://www.sobatbumi.com/solusi/view/167/Solusi-Tips-Pembuatan-Plastik-Ramah-Lingkungan-dari-Kentang>
2. <http://ejournal.umm.ac.id>
3. <http://trisqei.wordpress.com/biji-plastik/>

Kegiatan 1.1

Menemukan Contoh



Perhatikan benda-benda dalam kehidupan sehari-hari kalian! Daftarlh sebanyak-banyaknya bahan elastis dan tak elastis yang kalian jumpai! Pilih pin kalian di bawah ini!

Koleksi
10
benda



Koleksi
20
benda



Koleksi
30
benda





Praktikum 1 Batas Elastisitas Benda

Sekilas pada pembahasan diatas telah disinggung mengenai batas elastisitas. Apakah yang dimaksud dengan batas elastisitas? Mari temukan jawabannya dengan melakukan praktikum sederhana berikut ini. Perhatikan gambar 1.7 disamping!

I. Tujuan:

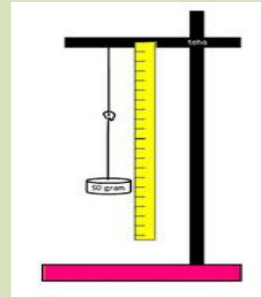
Mengukur batas elastisitas yang dimiliki oleh karet gelang.

II. Alat dan Bahan:

- Pegas
- Beban (50 g, 100 g, 150 g, 200 g, dan 250 g)
- Statif dan mistar

III. Langkah Kerja

- Susun alat dan bahan seperti pada gambar 1.7.
- Berikan beban 50 gram pada karet gelang
- Ukur dan catatlah berapa pertambahan panjang yang terjadi.
- Ulangi langkah 2 dan 3 untuk beban dengan massa yang berbeda sampai karet gelang putus.



Gambar 1.7 Praktikum untuk mengetahui batas elastisitas karet gelang

IV. Tugas:

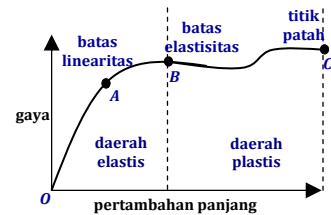
- Diskusikan dalam kelompok tentang langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam melakukan penyelidikan dan mengapa melakukan langkah-langkah tersebut?
- Prediksilah jawaban sementara sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut!
- Lakukan praktikum secara berurutan sesuai dengan langkah-langkah yang telah kalian rencanakan mulai dari persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi dan pembuatan laporan praktikum!
- Jawaban yang diperoleh dari hasil penyelidikan harus dicek kembali, identifikasilah kesalahan yang mungkin terjadi, kemudian perbaiki kesalahan yang terjadi!
- Buatlah grafik hubungan antara gaya dan petambahan panjang karet!
- Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
 - Apa yang terjadi ketika beban digantungkan pada karet gelang?
 - Apa yang terjadi ketika massa beban diperbesar?
 - Berapa panjang maksimal karet gelang ketika diberikan beban sebelum akhirnya putus?
 - Kesimpulan apa yang kalian peroleh dari hasil praktikum diatas?
- Susunlah laporan praktikum dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru kalian! Format laporan praktikum tersedia di bagian akhir modul.

Praktikum yang kalian lakukan akan memperoleh dua data yaitu massa beban dan pertambahan panjang benda. Jika digambarkan dalam grafik gaya berat beban ($\vec{F} = w = m \cdot g$) versus pertambahan panjang diperoleh grafik seperti pada gambar 1.8 disamping. Gambar di samping merupakan contoh pengukuran batas elastisitas sebuah pegas.

Tabel 1.1 Contoh Hasil Pengukuran Batas Elastisitas Pegas

Massa Beban	Gaya	Pertambahan Panjang
50 g	490 N	5 cm
100 g	980 N	10 cm
150 g	1470 N	15 cm
200 g	1960 N	20 cm
...	...	...
...	...	...
...	...	...

Sampai pada titik A, pegas masih bersifat elastis, dimana pertambahan panjang sebanding dengan pertambahan gaya. Namun, setelah titik A ini jika beban kita tambah, ternyata pertambahan panjangnya sudah tidak sebanding dengan pertambahan gaya. Hal ini menyatakan bahwa **batas linearitas** pegas sudah terlampaui, namun pegas masih bisa kembali ke bentuk semula.



Gambar 1.8 Grafik gaya terhadap pertambahan panjang pegas

Bila gaya diperbesar lagi hingga melewati titik B, ternyata setelah gaya dihilangkan pegas tidak bisa kembali ke bentuk semula. Hal ini berarti batas elastisitas sudah terlampaui. Pegas tidak lagi bersifat elastis namun bersifat plastis. Jika gaya diperbesar terus, pada suatu saat di titik C pegas akan patah. Oleh karena itu grafik antara O sampai dengan B disebut **daerah elastis**, yaitu daerah ketika pegas masih bersifat elastis. Sedangkan grafik antara B dan C, disebut **daerah plastis** yaitu daerah dimana pegas masih bersifat plastis.

Titik pada daerah elastis yaitu titik A yang membatasi daerah linear (daerah Hukum Hooke) dan daerah non-linear disebut **batas linearitas**. Titik yang membatasi antara daerah elastis dan daerah plastis yaitu titik B disebut **batas elastisitas**. Titik dimana pegas tidak mampu lagi menahan gaya yang diberikan, dinamakan **titik patah**.

b Tegangan

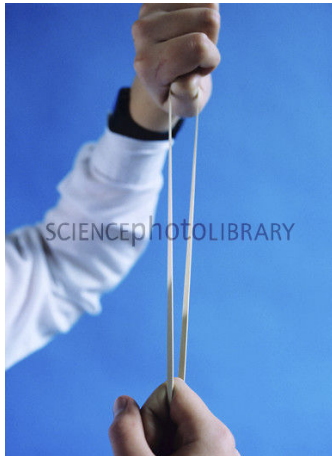
Pernahkan kalian melihat ibu menjemur baju? Ketika baju masih basah, tali jemuran akan tertarik ke bawah oleh gaya berat yang diberikan baju dan air. Setelah terkena panas matahari, air akan menguap yang menyebabkan gaya berat yang diberikan semakin berkurang. Akibatnya, tali jemuran akan terangkat kembali walaupun belum kembali ke posisi awal sebelum digantungkan baju.



Gambar 1.9 Tali jemuran yang meregang akibat gaya berat pakaian

Setelah baju kering dan diangkat, barulah tali jemuran akan benar-benar kembali ke posisi sebelumnya. Hal ini membuktikan bahwa tali jemuran memiliki sifat elastis.

Pada saat tali jemuran mendapatkan gaya berat, tali mengalami tegangan yang disertai dengan regangan. Apakah yang dimaksud dengan tegangan? Untuk lebih jelasnya kita akan membahas materi tegangan terlebih dahulu.



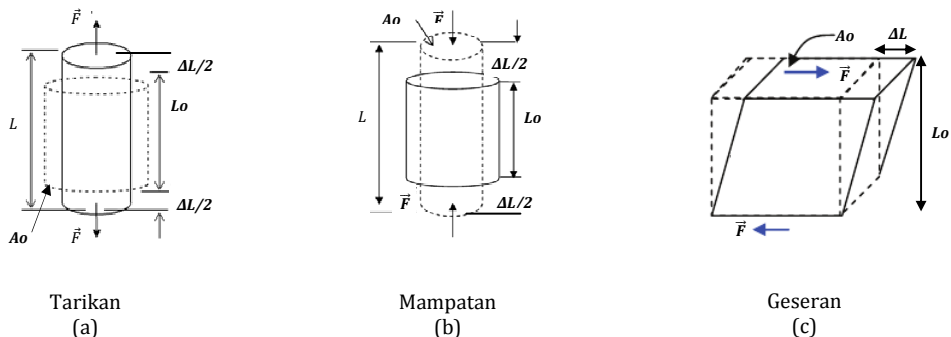
Gambar 1.10 Sebuah karet ditarik dengan gaya F

Masih ingatkah kalian dengan praktikum batas elastisitas benda? Sebuah karet gelang yang ditarik dengan gaya tertentu akan mengalami pertambahan panjang. Pada gambar di samping karet mengalami gaya tarik F pada ujung-ujungnya. Akibat gaya tarik tersebut karet mengalami tegangan. **Tegangan (stress)** didefinisikan sebagai *kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda, atau besarnya gaya yang bekerja tiap satu satuan luas penampang*. Secara matematis dapat ditulis:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{\vec{F}}{A} \quad (1.1)$$

Tegangan adalah besaran vektor dan sesuai persamaan (1.1) memiliki satuan N/m^2 atau Pascal (Pa) oleh laju fluida.

Berdasarkan arah gaya dan pertambahan panjangnya (perubahan bentuk), tegangan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu **tegangan rentang**, **tegangan mampat**, dan **tegangan geser**. Ketiga jenis tegangan ini ditunjukkan pada gambar 1.10. Tegangan yang terjadi pada rentangan disebut dengan tegangan rentang atau tegangan tarik. Tegangan yang terjadi pada mampatan disebut dengan tegangan mampat, sedangkan tegangan yang terjadi pada geseran disebut tegangan geser. Tabel 1.2 disajikan besar ketiga macam tegangan untuk berbagai jenis bahan. Pada modul ini tegangan geser tidak akan dibahas.



Gambar 1.11 Tiga jenis tegangan (a) tegangan rentang/tarik, (b) tegangan mampat, (c) tegangan geser.

Tabel 1.2 Tegangan berbagai macam bahan

Bahan	Tegangan Rentang (N/m ²)	Tegangan Mampat (N/m ²)	Tegangan Geser (N/m ²)
Besi	170×10^6	550×10^6	170×10^6
Baja	500×10^6	500×10^6	250×10^6
Kuningan	250×10^6	250×10^6	200×10^6
Aluminium	200×10^6	200×10^6	200×10^6
Beton	2×10^6	20×10^6	2×10^6
Batu Bata	-	35×10^6	-
Marmer	-	80×10^6	-
Granit	-	170×10^6	-
Kayu (pinus)	40×10^6	35×10^6	5×10^6
Nilon	500×10^6	-	-

c Regangan

Berdasarkan uraian yang telah kalian baca, jika sebuah karet gelang diberi gaya maka akan terjadi tegangan rentang/tarik dan menghasilkan pertambahan panjang tertentu. Bagian manakah yang mengalami pertambahan panjang? Apakah hanya bagian ujung-ujungnya saja atau seluruh bagian?

Gaya yang diberikan kepada benda dapat ditempatkan pada ujung-ujungnya saja, tetapi pengaruh yang ditimbulkannya terjadi secara menyeluruh terhadap setiap partikel-partikel benda. Kemudian bagaimana cara kita menentukan besarnya pertambahan panjang yang terjadi pada setiap partikel benda?

Untuk menjawab pertanyaan di atas, dapat diperkenalkan bahwa suatu besaran yang menggambarkan hasil perubahan bentuk adalah **regangan (*strain*)** akibat dari pengaruh tegangan. *Regangan didefinisikan sebagai perubahan panjang tiap satu satuan panjang benda.* Setiap terjadi tegangan akan disertai dengan terjadinya regangan. Sehingga regangan dibedakan menjadi tiga macam yaitu **regangan tarik/rentang**, **regangan mampat**, dan **regangan geser**.

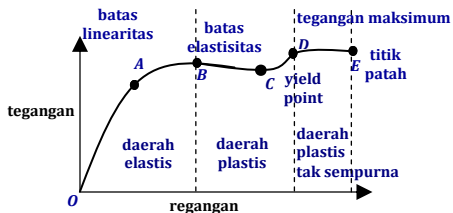
Secara matematis regangan dirumuskan:

$$\text{Regangan} = \frac{\text{Pertambahan panjang}}{\text{Panjang mula-mula}} \quad \text{atau} \quad e = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1.2)$$

Karena pertambahan panjang ΔL dan panjang mula-mula L_0 adalah besaran yang sama, maka sesuai persamaan (1.2), regangan e tidak memiliki satuan.

d Modulus Elastis

Sebelum kita membahas apa yang dimaksud dengan modulus elastis, kita akan meninjau sebuah grafik hubungan tegangan terhadap regangan dari suatu kawat baja. Perhatikan gambar 1.12 berikut ini!



Gambar 1.12 Grafik tegangan terhadap regangan kawat baja

Masih ingatkah kalian terhadap grafik gaya terhadap pertambahan panjang pegas? Grafik tegangan terhadap regangan juga hampir sama. Jika gaya yang diberikan terhadap suatu kawat diperbesar maka menyebabkan tegangan juga semakin besar. Ketika tegangan semakin besar maka perubahan panjang relatif yang terjadi juga semakin besar, sehingga regangan juga akan bertambah besar.

Gambar 1.8 memperlihatkan deformasi (perubahan bentuk) pegas dari bersifat elastis kemudian gaya diperbesar terus menerus, sampai pegas bersifat plastis dan akhirnya patah. Hal yang sama juga diberlakukan pada kawat baja tetapi yang diukur adalah tegangan dan regangan yang terjadi. Grafik pada gambar 1.12 menunjukkan bagaimana variasi tegangan terhadap regangan ketika suatu kawat baja diberi gaya tarik sampai kawat itu patah. Garis dari O ke B , **deformasi kawat adalah elastis**. Ini berarti jika tegangan dihilangkan kawat akan kembali ke bentuk semula. B adalah batas elastis. Di atas titik B **deformasi kawat adalah plastis**. Jika tegangan dihilangkan kawat baja tidak akan kembali ke bentuk semula, tetapi mengalami **deformasi permanen**. Titik C adalah titik tekuk atau **yield point**. Di atas titik tersebut hanya diperlukan tambahan gaya tarik yang kecil untuk menghasilkan pertambahan panjang yang besar.

Titik D adalah **tegangan maksimum** yaitu tegangan paling besar yang diberikan pada kawat baja tepat sebelum kawat patah. Jika tegangan yang diberikan mencapai titik E (titik patah) maka kawat akan patah. Dari titik B sampai titik D kawat mengalami **deformasi plastis sempurna**. Sedangkan dari titik D ke E kawat mengalami **deformasi plastis tak sempurna** yaitu batang mulai mengecil dan akhirnya patah.

Sebuah gaya yang diberikan pada benda dalam daerah elastis, maka benda akan berubah bentuk. Reaksi benda terhadap gaya yang diberikan oleh nilai suatu besaran yang disebut **modulus elastis**. **Modulus elastis merupakan konstanta perbandingan antara tegangan dan regangan yang dialami bahan**. Secara matematis modulus elastis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Modulus elastis} = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad \text{atau} \quad E = \frac{\sigma}{e} \quad (1.3)$$

Modulus elastis untuk rentangan/tarikan disebut dengan **Modulus Young** (diberi lambang Y) untuk menghargai **Thomas Young** sebagai tokoh yang memperkenalkan modulus elastis.

$$\text{Modulus Young} = \frac{\text{Tegangan rentang}}{\text{Regangan rentang}} \quad \text{atau} \quad Y = \frac{\sigma}{e}$$

$$Y = \frac{\frac{\vec{F}}{A}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{FL_0}{A\Delta L}$$

Satuan SI untuk tegangan σ adalah N/m^2 atau Pa, sedangkan regangan e tidak memiliki satuan. Sesuai dengan persamaan (1.3), (1.4), dan (1.5), maka satuan untuk modulus elastis/modulus young adalah N/m^2 atau Pa. **Modulus Young merupakan ukuran ketahanan suatu zat terhadap perubahan panjangnya ketika suatu gaya (atau beberapa gaya) diberikan kepada benda.**

Selanjutnya kita akan menentukan hubungan modulus Young dengan besarnya gaya yang diberikan. Berdasarkan persamaan (1.5) diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\vec{F}L_0 = YA\Delta L \quad (1.6)$$

$$\frac{\vec{F}}{Y} = \frac{A\Delta L}{L_0} \quad (1.7)$$

Jika gaya $\vec{F}$ dikenakan pada dua benda yang mempunyai ukuran sama tetapi modulus young berbeda apa yang akan terjadi? Dari persamaan disamping diketahui bahwa benda yang memiliki modulus Young lebih besar akan mengalami pertambahan panjang yang kecil.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin besar modulus Young, maka semakin sulit benda tersebut untuk meregang. Yang artinya, sifat elastis benda semakin kecil. Sebagai contoh nilon memiliki nilai $Y = 0,5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ dan baja memiliki nilai $Y = 20 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$, dapat dikatakan bahwa baja lebih sulit meregang dibandingkan nilon dan nilon lebih elastis jika dibandingkan dengan baja.

Ayo cari tahu... !



Gambar 1.13 Thomas Young

Thomas Young adalah seorang *polymath* Inggris yang juga merupakan ilmuwan terkemuka pada bidang cahaya, mekanika padat, energi, fisiologi, bahasa, harmoni musik, dan Mesir Kuno. Young lahir di Inggris pada 13 Juni 1773 dan meninggal di usia 55 tahun pada 10 Mei 1829. Selain memperkenalkan modulus elastis, Thomas Young melakukan banyak penemuan antara lain teori gelombang cahaya, teori warna Young, teori fenomena kapiler dan tegangan permukaan. Ingin mengetahui penemuan-penemuan Young lebih lengkap? Baca juga:

1. *Dictionary of National Biography*.
2. *Ensiklopedia Tematis Eyewitness: Ilmuwan Besar*.
3. <http://tutusfst09.web.unair.ac.id>



Kegiatan 1.3

Eksperimen Sederhana

Praktikum 2 Modulus Young

Kalian telah mengenal modulus Young sebagai ukuran ketahanan suatu zat terhadap perubahan panjangnya ketika suatu gaya diberikan kepada benda tersebut. Modulus Young dapat pula dikatakan sebagai besaran yang menggambarkan sifat elastis bahan.

I. Tujuan:
membandingkan sifat elastis berbagai bahan.

II. Alat dan Bahan:

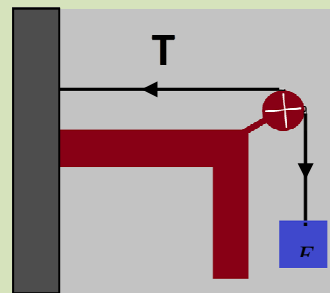
- Kawat aluminium, kawat besi, tali karet, benang
- Beban
- Penggaris
- Mikrometer dan neraca

III. Langkah Kerja:

- Potonglah kawat aluminium, kawat besi, tali karet dan benang dengan panjang yang sama yaitu 1 meter.
- Ukurlah diameter kawat dengan mikrometer.
- Susun alat dan bahan seperti pada gambar di atas dengan kawat aluminium sebagai talinya.
- Ukurlah panjang tali mula-mula $L_0 = AB + BC$ dan panjang tali setelah beban dilepas L .
- Timbanglah massa benda dan hitung gaya tegangan tali $\vec{F} = m.g$.
- Ulangi langkah diatas dengan mengganti tali dengan kawat aluminium, karet, dan benang.

IV. Tugas:

- Diskusikan dalam kelompok tentang langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam melakukan penyelidikan dan mengapa melakukan langkah-langkah tersebut?
- Prediksilah jawaban sementara sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut!
- Lakukan praktikum secara berurutan sesuai dengan langkah-langkah yang telah kalian rencanakan mulai dari persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi dan pembuatan laporan praktikum!
- Jawaban yang diperoleh dari hasil penyelidikan harus dicek kembali, identifikasilah kesalahan yang mungkin terjadi, kemudian perbaiki kesalahan yang terjadi!



Gambar 1.14 Praktikum untuk mengetahui sifat elastis bahan

5. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
 - a. Berapa tegangan rentang masing-masing bahan?
 - b. Berapa regangan rentang masing-masing bahan?
 - c. Berapa modulus Young masing-masing bahan?
 - d. Bandingkan hasil no. a, b, dan c dengan refensi lain! Jelaskan!
 - e. Bahan manakah yang paling elastis? Jelaskan!
 - f. Kesimpulan apa yang kalian peroleh dari hasil praktikum modulus young yang telah kalian lakukan?
6. Carilah nilai modulus young kawat besi, aluminium, tali karet, dan benang dari buku referensi lain atau sumber lain! Bandingkan dengan hasil yang kalian dapatkan berdasarkan praktikum! Bagaimana hasilnya berbeda atau sama? Jika berbeda, menurut pendapat kalian apa yang menyebabkan hasilnya berbeda?
7. Susunlah laporan praktikum dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru kalian!

Contoh

1. *Pemahaman rumus dasar σ , e , dan E*

Seutas kawat dengan luas penampang 4 mm^2 ditarik oleh gaya $3,2 \text{ N}$ hingga panjangnya bertambah dari 80 cm menjadi $80,04 \text{ cm}$. hitung tegangan, regangan, dan modulus elastis kawat!

Diketahui: $A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$\vec{F} = 3,2 \text{ N}$$

$$\Delta L = 80,04 - 80 = 0,04 \text{ cm}$$

$$L_0 = 80 \text{ cm}$$

Ditanya: Tegangan (σ)?

Regangan (e)?

Modulus elastis (E)?

Jawab: Tegangan (σ) dihitung dengan Persamaan (1.1)

$$\sigma = \frac{\vec{F}}{A} = \frac{3,2}{4 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Regangan (e) dihitung dengan Persamaan (1.2)

$$e = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,04}{80} = 5 \times 10^{-4}$$

Modulus Elastis (E) dihitung dengan Persamaan (1.3)

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{8 \times 10^5}{5 \times 10^{-4}} = 1,6 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

2. *Besar gaya akibat pemuaian batang logam*

Sebuah balok yang digunakan dalam konstruksi sebuah jembatan memiliki panjang $10,2 \text{ m}$ dengan luas penampang $0,12 \text{ m}^2$. Balok ini dipasang di antara dua beton tanpa ruang untuk pemuaian.

Ketika suhu mengalami kenaikan 10°C , balok ini akan memuai hingga panjangnya bertambah 1,2 mm jika balok bebas untuk memuai. Berapa besar gaya yang harus dikerjakan pada beton agar pemuaian ini tidak terjadi? Modulus elastis baja adalah $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$.

Diketahui: $L_0 = 10,2 \text{ m}$
 $A = 0,12 \text{ m}^2$
 $\Delta L = 1,2 \text{ mm} = 12 \times 10^{-3} \text{ m}$
 $E = 2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Ditanya: Gaya yang dikerjakan balok ($\vec{F}$)?

Jawab: Gaya ($\vec{F}$) dihitung dengan persamaan (1.7)

$$\frac{\vec{F}}{E} = \frac{A\Delta L}{L_0}$$

$$\vec{F} = \frac{E A \Delta L}{L_0} = \frac{(2,0 \times 10^{11})(0,12)(1,2 \times 10^{-3})}{10,2}$$

$$= 2,8 \times 10^6 \text{ N}$$



Kegiatan 1.1

Mari Berlatih

1. Sebutkan contoh benda elastis dan tak elastis masing-masing 3!
2. Apakah perbedaan tegangan dan regangan?
3. Bahan manakah yang lebih elastis antara aluminium dan besi? Berikan penjelasannya berdasarkan nilai modulus elastis kedua bahan tersebut!
4. Seorang pendaki (beserta ranselnya) yang massanya 82 kg memanjat melalui seutas tali nilon yang tergantung secara bebas. Diameter nilon 0,8 mm dan modulus elastisnya $5,00 \times 10^9 \text{ N/m}^2$. Jika nilon tersebut bertambah panjang sebesar 0,1 m ketika pendaki mulai memanjat, berapa panjang nilon mula-mula?
 (Jawab: 31,29 m)
5. Sebuah senar gitar yang panjangnya 80 cm terbuat dari bahan baja yang diameternya 1 mm dan modulus Youngnya $2,5 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Ketika senar tersebut dibunyikan, panjangnya menjadi 83 cm, berapa besar gaya untuk membunyikannya?
 (Jawab: 7363 N)
6. Hitunglah berat beban maksimum yang boleh digantungkan pada seutas kawat baja yang diameternya 10 mm jika regangan yang terjadi tidak boleh lebih dari 0,001. Modulus elastis baja $2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$!
 (Jawab: 15700N)
7. Sebuah papan yang massanya 50 kg digantung dengan empat buah kawat sejenis

yang panjangnya 3 m dan diameternya 2,0 mm pada keempat sisi papan tersebut. Jika modulus Young kawat $1,8 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, hitunglah pertambahan panjang masing-masing kawat penggantung!

(Jawab: 0,65 mm)

8. Berapakah jari-jari minimum senar pancing yang diperlukan untuk menarik secara vertikal ikan bermassa 5,0 kg pada kelajuan tetap? Jika kemudian ikan tersebut menggelepar di udara, gaya yang diperlukan untuk menariknya menjadi 10 kali lebih besar. Berapakah jari-jari minimum senar pancing yang diperlukan sekarang? (Tegangan rentang senar pancing sama dengan 60 N/m^2 dan percepatan gravitasi 10 m/s^2).

(Jawab: 0,51 mm dan 1,6 mm)

9. Sebuah lift yang massanya 3000 kg tergantung pada sebuah kabel baja yang diameternya 20 mm (modulus Young untuk baja adalah 200 GN/m^2). Percepatan maksimum lift adalah $2,5 \text{ m/s}^2$. Hitung:
- Gaya maksimum dalam kabel?
 - Tegangan maksimum kabel?
 - Regangan maksimum kanbel?

(Jawab: a. 36,9 kN, b. $117,5 \text{ MN/m}^2$, c. $5,9 \times 10^{-4}$)

10. Sebuah kawat yang memiliki modulus Young 130 GN/m^2 dan panjangnya 1,2 m digantungkan pada langit-langit secara vertikal. Luas penampang kawat adalah $0,1 \text{ mm}^2$. Sebuah gaya perlahan-lahan dikenakan pada ujung bawah kawat tersebut sehingga kawat bertambah panjang. Ketika besar gaya yang diberikan 10 N:
- Berapa tegangan kawat?
 - Berapa regangan kawat?
 - Berapa pertambahan panjangnya?

(Jawab: a. 100 MN/m^2 , b. $7,7 \times 10^{-4}$, c. 0,92 mm)

Ayo cari tahu... !

Sebuah hidrogel baru buatan para ilmuwan menjadi material paling elastis di dunia. Hidrogel ini akan digunakan untuk menggantikan tulang rawan yang rusak di sendi manusia. Ilmuwan yang tergabung dalam tim peneliti dari Harvard School of Engineering and Applied Sciences (SEAS) berhasil membuat hidrogel baru yang memiliki kekuatan elastisitas yang luar biasa. Hidrogel ini mampu memanjang hingga 21 kali lipat dari panjang semula. Selain memiliki elastisitas yang luar biasa hidrogel ini juga memiliki jaringan penyembuhan diri.

Info lengkapnya kunjungi:

- <http://sains.kompas.com>
- <http://teknologi.inilah.com>

Kesalahan Konstruksi Bangunan Jembatan Kutai Kertanegara Kalimantan Timur

Sekilas
Info Fisika



Apa manfaat kita mengetahui batas elastisitas suatu bahan? Ingatkan kalian dengan kejadian ambruknya salah satu jembatan terbesar di Indonesia? Jembatan itu adalah jembatan Kutai Kertanegara (kukar) Kalimantan Timur, yang panjangnya mencapai 710 m. jembatan itu ambruk pada tanggal 26 November 2011 dan memakan korban yang cukup banyak.

Menurut pakar konstruksi ITB, Iswandi Imran, ada dua penyebab utama runtuhnya jembatan kukar. Penyebab pertama adalah adanya kesalahan prosedur ketika melakukan pengencangan *hanger* atau kabel penyangga jembatan. Saat melakukan pengencangan *hanger* ruas jalan jembatan kukar tidak dikosongkan seluruhnya sehingga terjadi *over stress* atau kelebihan beban pada kabel *hanger* sehingga batas elastisitasnya terlampaui dan akhirnya melampaui titik patahnya.



Gambar 1.15 Jembatan Kukar Kaltim
Sebelum Runtuh



Gambar 1.16 Jembatan Kukar Kaltim
Setelah Runtuh

Penyebab kedua adalah material yang digunakan sebagai bahan pembuat jembatan tidak memenuhi standar. Material yang digunakan adalah *Ductile Cast Iron FCD 60* atau besi cor. Idealnya menggunakan baja cor. Hal ini disebabkan besi memiliki elastisitas yang lebih rendah dari baja. Besi jika sudah mencapai batas elastisitasnya dapat pecah seketika. Baja akan mengalami proses ulur terlebih dahulu sehingga akan terlihat gejala retaknya.

Peristiwa runtuhnya jembatan kukar kaltim memberikan pelajaran bahwa fisika itu dekat dengan kehidupan sehari-hari. Kalian sebagai generasi penerus bangsa yang nantinya akan membangun bangsa ini harus belajar fisika dengan sungguh-sungguh. Karena fisika itu mudah.



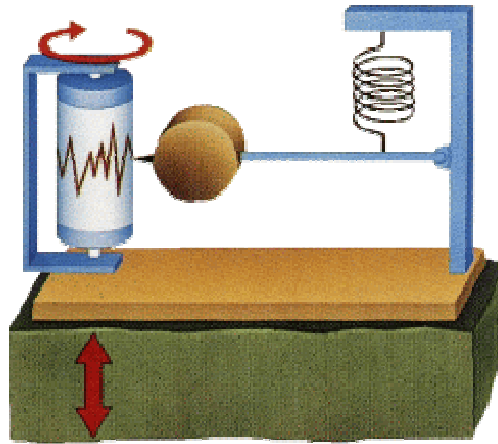
Kita dapat menentukan seberapa elastis suatu bahan berdasarkan nilai modulus elastisnya (E). Semakin kecil nilai E suatu bahan, semakin mudah bahan tersebut meregang. Setiap bahan yang mudah meregang dapat digunakan sebagai bahan pelentur. Sebagai contoh bahan yang mudah meregang adalah spons.

1

Jurnal Belajar

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari materi elastisitas bahan karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

2. Hukum Hooke dan Energi Pegas



Gambar 2.1 Seismograf Vertikal
<http://novigeografi.blogspot.com>

Seismograf vertikal, yaitu seismograf yang mencatat gelombang berarah vertikal. Massa stasioner pada seismograf ditahan oleh sebuah tangkai dan ditahan oleh pegas untuk mengimbangi gravitasi bumi. Ujung massa stasioner yang berjarum disentuhkan pada silinder yang dipasang vertikal sebagai perekam data gempa bumi.

Indikator:

Mengidentifikasi modulus elastis dan konstanta gaya

Tujuan Pembelajaran:

1. Siswa dapat memberi contoh aplikasi Hukum Hooke dalam kehidupan sehari-hari.
2. Siswa dapat mengetahui perbandingan besarnya gaya pegas berdasarkan konstanta pegas.
3. Siswa dapat mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan untuk menentukan konstanta pegas beserta dengan alasannya.
4. Siswa dapat memprediksi jawaban sementara penentuan konstanta pegas sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut.
5. Siswa dapat mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah yang meliputi Hukum Hooke, energi potensial pegas, dan hukum kekekalan energi sistem pegas.
6. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan.
7. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah.
8. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan.
9. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari.

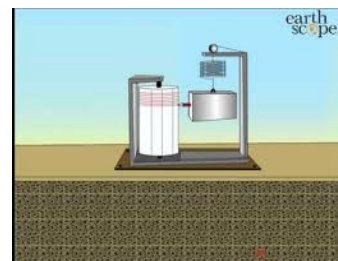
Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Modulus Elastis
 - b. Hukum III Newton
 - c. Besaran dan Satuan
 - d. Hukum Kekekalan Energi
2. Alat dan bahan yang diperlukan dalam melaksanakan kegiatan eksperimen harus dipersiapkan. Persiapkan juga berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian menentukan konstanta gaya pegas dan konsep hukum Hooke yang berguna untuk mempelajari materi selanjutnya yaitu susunan pegas.
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 1 kali pertemuan (2 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 2 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat segera melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

a Hukum Hooke

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di antara pertemuan 3 lempeng utama dunia yaitu Lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Lempeng Eurasia dan Australia bertumbukan di lepas pantai barat Pulau Sumatera, lepas pantai selatan pulau Jawa, lepas pantai Selatan kepulauan Nusantara, dan berbelok ke arah utara ke perairan Maluku sebelah selatan. Antara lempeng Australia dan Pasifik terjadi tumbukan di sekitar Pulau Papua. Sementara pertemuan antara ketiga lempeng itu terjadi di sekitar Sulawesi. Dengan kondisi tatanan tektonik seperti inilah negara ini selalu dan selalu dilanda gempa tektonik.

Seismograf adalah sebuah alat untuk mengukur dan mencatat gerakan tanah secara terus menerus. Pada seismograf vertikal massa stasioner ditahan oleh sebuah pegas. Pada saat terjadi getaran maka pegas akan bergerak dan menggerakkan jarum yang membentuk seismogram pada roll pita. Seismograf bekerja berdasarkan prinsip hukum Hooke. Apakah kalian pernah mendengar istilah hukum Hooke? Kegiatan belajar kali ini akan membahas tentang hukum Hooke dan energi dalam sistem pegas.



Gambar 2.2 Seismograf vertikal dengan pegas sebagai pengait massa

Seismograf sederhana dapat dibuat sendiri oleh masyarakat, hanya membutuhkan pegas yang berkualitas bagus dan bersifat elastis. Pada pembahasan elastisitas bahan telah disinggung mengenai hukum Hooke. Grafik pada gambar 1.8 menggambarkan bahwa hukum Hooke hanya terjadi pada daerah elastis. Sehingga pegas pada seismograf harus terjaga keelastisannya agar dapat berfungsi dengan baik.

Pegas adalah benda berbentuk spiral yang terbuat dari logam. Tabel 1.1 menggambarkan bahwa ketika pegas diberi gaya $\vec{F}$, pegas bertambah panjang x . Selanjutnya pegas diberi gaya $2\vec{F}$, pegas bertambah panjang $2x$, dan seterusnya. Akibatnya diperoleh hubungan:

$$\vec{F} \propto \Delta x$$

Untuk mengetahui hubungan kuantitatif antara gaya yang dikerjakan pada pegas dengan pertambahan panjangnya, ayo lakukan Kegiatan 2.1 berikut ini.



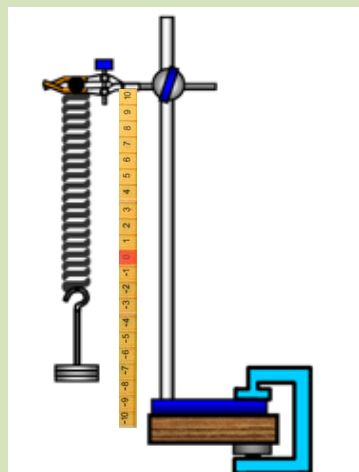
Kegiatan 2.1

Eksperimen Sederhana

Praktikum 3 Hukum Hooke

Benda Elastis adalah benda yang apabila dikenai gaya akan mengalami pertambahan panjang dan apabila gaya dihilangkan mampu kembali lagi ke bentuk semula. Praktikum 3 ini kalian akan menyelidiki hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas.

- I. Tujuan:
menyelidiki hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas.
- II. Alat dan Bahan:
 - a. Pegas
 - b. Beban (50 g, 100 g, 150 g, 200 g, dan 250 g)
 - c. Statif dan mistar
- III. Langkah Kerja:
 1. Susun alat dan bahan seperti pada gambar disamping.
 2. Ukur panjang pegas sebelum diberi beban.
 3. Gantungkan keping beban 50 g pada ujung pegas.
 4. Ukur kembali panjang pegas setelah diberi beban.
 5. Ulangi langkah tersebut untuk keping beban yang lain dengan massa yang berbeda.



Gambar 2.3 Susunan alat praktikum hukum Hooke

IV. Tugas:

1. Diskusikan dalam kelompok tentang langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam melakukan penyelidikan dan mengapa melakukan langkah-langkah tersebut?
2. Prediksilah jawaban sementara sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut!
3. Lakukan praktikum secara berurutan sesuai dengan langkah-langkah yang telah kalian rencanakan mulai dari persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi dan pembuatan laporan praktikum!
4. Jawaban yang diperoleh dari hasil penyelidikan harus dicek kembali, identifikasilah kesalahan yang mungkin terjadi, kemudian perbaiki kesalahan yang terjadi!
5. Buatlah tabel yang terdiri dari massa beban, gaya tarik, panjang pegas, dan pertambahan panjang. Gunakan nilai $g = 9,8 \text{ m/s}^2$!
6. Buatlah grafik hubungan gaya terhadap pertambahan panjang pegas!
7. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
 - a. Bagaimana hubungan antara gaya dan pertambahan panjang pegas?
 - b. Berapa konstanta gaya k pegas tersebut?
 - c. Kesimpulan apa yang kalian peroleh dari hasil praktikum hukum Hooke yang telah kalian lakukan?
8. Carilah referensi lain mengenai teori hukum Hooke, bandingkan dengan hasil praktikum yang kalian dapatkan! Bagaimana hasilnya berbeda atau sama? Jika berbeda, menurut pendapat kalian apa yang menyebabkan hasilnya berbeda?
9. Susunlah laporan praktikum dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru kalian!

Setelah melakukan praktikum di atas kalian akan menemukan bahwa grafik gaya tarik F terhadap pertambahan panjang Δx akan berbentuk grafik lurus melalui titik asal O . Persamaan garis yang sesuai adalah $F = k \Delta x$, dengan k sebagai gradien garis. Hasil yang sama akan kalian peroleh untuk pegas-pegas lainnya, hanya gradien k -nya berbeda. Gradien garis tersebut selanjutnya dikenal dengan **konstanta gaya**. Sehingga hubungan antara gaya dan pertambahan panjang yang sebanding berlaku persamaan:

$$\vec{F} = k\Delta x \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) dinyatakan dalam kalimat berikut:

"Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus (sebanding) dengan gaya tariknya".

Pernyataan tersebut dinyatakan pertama kali oleh **Robert Hooke**, seorang arsitek yang ditugaskan untuk membangun kembali gedung-gedung di London yang mengalami kebakaran pada tahun 1666.

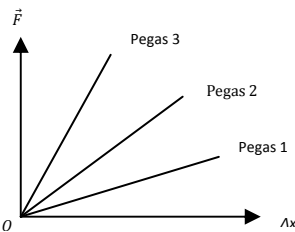
Ayo cari tahu... !



Gambar 2.5 Robert Hooke

Robert Hooke, lahir 18 Juli 1635 dan meninggal 3 Maret 1703 pada umur 67 tahun. Ia adalah seorang *polymath* Inggris yang memainkan peranan penting dalam revolusi ilmiah, melalui kerja eksperimen dan teoritis. Dilahirkan di Freshwater di Pulau Wight, Hooke menerima pendidikan awal di Sekolah Westminster. Pada 1653, Hooke mendapatkan tempat di Christ Church, Oxford. Di sana ia bertemu dengan Robert Boyle, dan mendapat pekerjaan sebagai asistennya. Selain menemukan hukum Hooke ia juga membuat teleskop Gregorian, mengamati rotasi Mars dan Jupiter, mengamati fosil sebagai pendukung awal evolusi biologis, meneliti fenomena refraksi, menyimpulkan teori gelombang cahaya, orang pertama yang menemukan sesuatu mengembang saat dipanaskan dan udara terbuat dari partikel-partikel kecil yang dipisahkan oleh jarak yang relatif besar. Baca juga Ensiklopedia Tematis *Eyewitness*: Ilmuwan Besar.

Oleh karena itu, pernyataan di atas dikenal sebagai **Hukum Hooke**. Dari persamaan (2.1) dapatkah kalian menentukan satuan SI untuk konstantan gaya k ?



Gambar 2.4 Grafik hubungan gaya terhadap pertambahan panjang berbagai pegas

Gambar 2.4 di atas menggambarkan besarnya konstanta gaya beberapa pegas yang berbeda. Pegas manakah yang lebih kaku? Dari persamaan (2.1) dapat kita peroleh:

$$\Delta x = \frac{\vec{F}}{k} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) menunjukkan bahwa dengan gaya F yang sama, pegas yang memiliki konstanta gaya k besar akan mengalami pertambahan panjang yang kecil. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa pegas dengan konstanta gaya k yang kecil lebih elastis jika dibandingkan dengan pegas yang memiliki konstanta gaya k yang besar. Jadi pada gambar 2.3 pegas yang paling kaku adalah pegas 3.



Dengan mengetahui nilai konstanta gaya beberapa pegas, kita dapat mengetahui perbandingan sifat elastis antara pegas yang satu dengan pegas yang lain.

Contoh Soal

Satu karung besar bermassa 10 kg ditimbang dengan neraca pegas, maka pegas pada neraca akan menyimpang sejauh 20 cm. Berapakah konstanta gaya pegas tersebut?

Diketahui: $m = 10 \text{ kg}$
 $\Delta x = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Ditanya: Konstanta gaya pegas (k) ?

Jawab: Konstanta gaya pegas (k) dihitung dengan persamaan (2.1)

$$\vec{F} = k\Delta x$$

$$\vec{F} = mg = 10 \times 9,8 = 98 \text{ N}$$

$$98 = k \cdot 0,2$$

$$k = \frac{98}{0,2} = 490 \text{ N/m}^2$$



Kegiatan 2.2

Mari Berlatih

1. Massa Herman 60 kg. Herman bergelantungan pada ujung sebuah pegas. Ternyata pegas bertambah panjang 15 cm. Tentukan konstanta gaya pegas! (nyatakan satuannya dalam SI)
 (Jawab: $k = 4000 \text{ N/m}$)
2. Sebuah pegas yang tergantung tanpa beban mempunyai panjang 20 cm. Jika ujung bawah pegas bebas diberi beban 100 gram, panjang pegas menjadi 24 cm.
 - a. Berapakah konstanta gaya pegas?
 - b. Berapakah pertambahan panjang pegas jika ujung bawah pegas digantungi beban 150 gram?
 (jawab: a. 0,245 N/cm, b. 6 cm)
3. Bandingkan pegas dalam soal no 1 dan 2! Pegas manakah yang lebih mudah meregang? Jelaskan!

b Konstanta Gaya Benda Elastis

Kalian telah mempelajari konstanta gaya k dari pegas yang muncul pada hukum hooke (persamaan 2.1). Konstanta gaya k adalah tetapan umum yang berlaku untuk benda elastis jika diberi gaya yang tidak melampaui batas hukum Hooke (gambar 1.8).

Bagaimana cara kita menentukan konstanta gaya benda elastis?

Masih ingatkah kalian dengan gaya tarik F yang dikerjakan pada benda padat? Gaya tarik tersebut dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\frac{\vec{F}}{E} = \frac{A}{L_0} \Delta L \quad (2.3)$$

Jika persamaan di atas kita olah hingga ruas kiri hanya terdapat gaya tarik F , dan persamaan tersebut kita identikkan dengan hukum Hooke (persamaan 2.1), maka kita peroleh rumus umum untuk menghitung konstanta gaya k suatu benda elastis.

$$\vec{F} = \left(\frac{AE}{L_0} \right) \Delta L \quad (\text{dari persamaan (2.3)})$$

$$\vec{F} = k \Delta L \quad (\text{dari persamaan (2.1)})$$

Dengan menyamakan ruas kanan kedua persamaan di atas kita peroleh **rumus umum konstanta gaya k** untuk suatu benda elastis yaitu:

$$k = \frac{AE}{L_0} \quad (2.4)$$

E adalah modulus elastis bahan (N/m^2), L_0 adalah panjang mula-mula benda (panjang benda tanpa ditarik), dan A adalah luas penampang (m^2).



Kegiatan 2.3

Kolom Diskusi

Diskusikan dengan teman sebangku kamu mengenai kelelahan (*fatigue*) yang dapat dialami sebatang logam! Diskusikan mengapa hal tersebut bisa terjadi, apa akibat buruknya, sebutkan contoh alat yang mengalami masalah ini, dan bagaimana cara mengatasinya! Mintalah kepada bapak/ibu guru kalian agar memilih salah satu kelompok diskusi mempresentasikan hasil diskusinya. Buatlah kesimpulan setelah presentasi selesai dan kumpulkan di meja guru kalian!

c Energi Sistem Pegas

1. Energi Potensial Pegas

Apakah kalian mempunyai ketapel? Cobalah tarik ketapel dan rasakan adanya tenaga tarikan yang melawan gaya tarikan tangan kalian. Jika gaya tarikan tangan dilepas, maka ketapel akan melemparkan benda yang ditaruh di dalam sarungnya. Tenaga apa yang sebenarnya dimiliki ketapel? Untuk mengetahuinya mari kita pelajari bahasan berikut ini.

Di SMP kalian telah mempelajari bahwa usaha dapat dihitung sebagai luas daerah di bawah grafik gaya $\vec{F}$ dan perpindahan $\vec{s}$. Menggunakan cara yang sama, usaha yang dilakukan untuk menarik pegas juga dapat dihitung sebagai luas daerah di bawah grafik gaya $\vec{F}$ dan pertambahan panjang pegas Δx . Perhatikan Gambar 2.6.

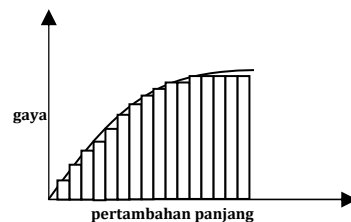
Luas daerah dibawah kurva dipartisi menjadi bagian-bagian yang kecil. Pada saat jumlah partisi-partisi menjadi sangat besar dan lebar masing-masing segmen menjadi sangat kecil, jumlah ini menjadi (dalam limit) *integral* $\vec{F}$ dari x_1 ke x_2 . Gaya untuk menarik pegas adalah $\vec{F} = kx$ sehingga usaha yang ditimbulkan pegas adalah:

$$W = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \sum_i \vec{F}_x \Delta x_i$$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} \vec{F} dx$$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} \vec{F} dx = \int_{x_1}^{x_2} kx dx = \left[\frac{1}{2} kx^2 \right]_{x_1}^{x_2}$$

$$W = \frac{1}{2} k(x_2^2 - x_1^2) \quad (2.5)$$



Gambar 2.6 Usaha yang digambarkan dengan luas kurva pada grafi hubungan gaya terhadap pertambahan panjang

Usaha yang dilakukan oleh $\vec{F}$ yang berlangsung dari nol ke nilai maksimum x adalah:

$$W = \int_0^x \vec{F} dx = \frac{1}{2} kx^2 \quad (2.6)$$

Apabila pegas tidak ditarik atau ditekan maka energi potensialnya adalah nol ($E_p = 0$). Hal ini dikarenakan pegas tidak memiliki pertambahan panjang ($x = 0$). Pada saat x maksimum seluruh usaha W yang dilakukan oleh usaha $\vec{F}$ tersimpan menjadi energi potensial elastik pegas atau energi potensial elastik pegas maksimum.

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 \quad (2.7)$$

Contoh penggunaan gaya pegas adalah ketapel. Jika ketapel diregangkan, kemudian dilepaskan, ketapel dapat melontarkan batu. Dalam hal ini, energi potensial elastis berubah menjadi energi kinetik batu.

$$E_{p\text{ketapel}} = E_{k\text{batu}}$$

$$\frac{1}{2} k \Delta x^2 = \frac{1}{2} m \vec{v}^2 \quad (2.8)$$

Dengan,

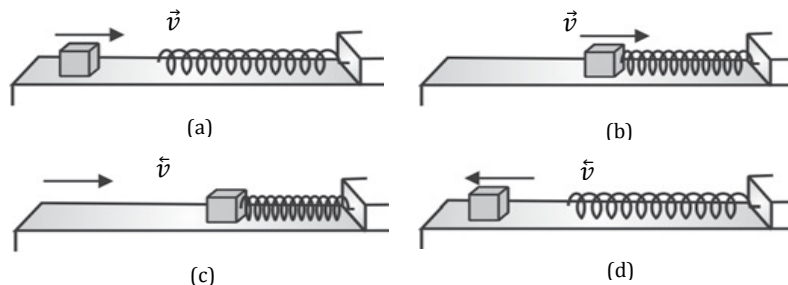
k : konstanta pegas karet ketapel (N/m)

Δx : pertambahan panjang karet (m)

m	: massa benda (kg)
$\vec{v}$	: kecepatan benda (m/s)
W	: Usaha (Joule)
E_p	: Energi potensial (Joule)

2. Hukum Kekekalan Energi Mekanik pada Sistem Pegas

Apabila pegas tidak ditarik ataupun ditekan, besar energi potensial elastisitasnya nol $E_p = 0$. Hal ini dikarenakan pegas tidak mengalami perubahan panjang ($\Delta x = 0$). Sesuai dengan persamaan energi potensial $E_p = 1/2 k\Delta x^2$, besar energi potensial pegas mencapai maksimum jika pertambahan panjangnya maksimum. Sebaliknya, jika pertambahan panjangnya minimum, maka besar energi potensial mencapai harga minimum.



Gambar 2.7 Sistem pegas

Perhatikan Gambar 2.7! Misalnya, sebuah balok yang massanya m bergerak dengan kecepatan $\vec{v}_1$ dan menumbuk sebuah pegas. Sesuai dengan hukum kekekalan energi mekanik, maka jumlah energi mekanik sebelum bertumbukan sama dengan jumlah energi mekanik setelah bertumbukan. Secara matematis dituliskan seperti berikut:

$$E_{M \text{ awal}} = E_{M \text{ akhir}}$$

$$E_{M \text{ balok}} + E_{M \text{ pegas}} = E'_{M \text{ balok}} + E'_{M \text{ pegas}}$$

$$E_{k \text{ balok}} + E_{p \text{ balok}} + E_{p \text{ pegas}} = E'_{k \text{ balok}} + E'_{p \text{ balok}} + E'_{p \text{ pegas}} \quad (2.9)$$

Apabila gaya gesekan mempengaruhi sistem, maka besar usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$W_{\text{gesekan}} = (E'_{kb} + E'_{pb} + E'_{pp}) - (E_{kb} + E_{pb} + E_{pp}) \quad (2.10)$$

Dengan,

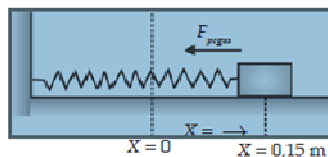
E_{kb} : energi kinetik benda sebelum tumbukan

E_{pb} : energi potensial benda sebelum tumbukan

E_{pp} : energi potensial pegas sebelum tumbukan
 E'_{kb} : energi kinetik benda setelah tumbukan
 E'_{pb} : energi potensial benda setelah tumbukan
 E'_{pp} : energi potensial pegas setelah tumbukan

Contoh soal 1

1. Sebuah balok dihubungkan dengan sebuah pegas yang memiliki tetapan $k = 2.200 \text{ Nm}^{-1}$. Balok bergerak di atas bidang datar tanpa gesekan. Tentukan usaha yang dilakukan oleh pegas, jika balok bergeser 0,15 m dari kedudukan semula!



Diketahui: $k = 2.200 \text{ Nm}^{-1}$

$$\Delta x = 0,15 \text{ m}$$

Ditanyakan: $W = \dots?$

Jawab: Usaha dihitung dengan persamaan (2.5)

$$W = -\frac{1}{2} k \Delta x^2$$

$$W = -\frac{1}{2} 2.200 (0,15)^2 = -24,75 \text{ J}$$

Usaha yang dilakukan bertanda negatif karena berlawanan arah dengan arah perpindahannya.

2. Sebuah balok massanya 1.200 gram bergerak dengan kecepatan 50 cm/s pada sebuah papan luncur yang licin. Pada ujung papan terdapat sebuah pegas $k = 30 \text{ N/m}$. Apabila papan menumbuk pegas, maka hitunglah perubahan panjang maksimum pegas akibat tertekan balok!

Diketahui: $m = 1.200 \text{ g} = 1,2 \text{ kg}$

$$\vec{v} = 50 \text{ cm/s} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$k = 30 \text{ N/m}$$

Ditanyakan : $\Delta x = \dots?$

Jawab: pertambahan panjang dihitung dengan persamaan (2.8)

$$E_{kb} + E_{pb} + E_{pp} = E'_{kb} + E'_{pb} + E'_{pp}$$

$$1/2 m v^2 + 0 + 0 = 0 + 0 + 1/2 k \Delta x^2$$

$$\Delta x^2 = \frac{m \vec{v}^2}{k}$$

$$\Delta x = \vec{v} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\Delta x = 0,5 \sqrt{\frac{12}{30}}$$

$$= 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$



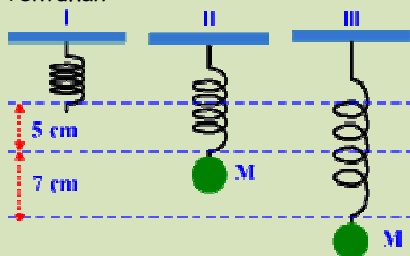
Kegiatan 2.4

Mari Berlatih

1. Sebuah pegas tergantung tanpa beban panjangnya 30 cm. Kemudian ujung bawah pegas digantungi beban 100 gram sehingga panjang pegas menjadi 35 cm. Jika beban tersebut ditarik ke bawah sejauh 5 cm, dan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 , maka hitunglah energi potensial elastik pegas!

(Jawab: $E_p = 0,1 \text{ J}$)

2. Sebuah pegas digantung dengan posisi seperti gambar berikut! Pegas kemudian diberi beban benda bermassa $m = 500 \text{ gram}$ sehingga bertambah panjang 5 cm. Tentukan :



- a. Nilai konstanta pegas
- b. Energi potensial pegas pada kondisi II
- c. Energi potensial pegas pada kondisi III (benda m kemudian ditarik sehingga bertambah panjang 7 cm)

(Jawab: a. 100 N/m , b. $0,125 \text{ J}$, c. $0,72 \text{ J}$)

3. Untuk meregangkan sebuah pegas sebesar 4 cm diperlukan usaha sebesar $0,16 \text{ J}$. Untuk meregangkan pegas itu sebesar 2 cm diperlukan gaya sebesar....newton

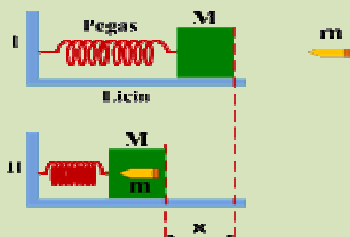
(Jawab: 4 N)

4. Sebuah pegas ditarik dengan gaya sebesar 200 N , sehingga pegas bertambah panjang 4 cm . Tentukan :

- a. konstanta pegas
- b. energi potensial pegas jika pegas ditarik sehingga pertambahan panjangnya 5 cm

(Jawab: a. 5000 N/m , b. $6,25 \text{ J}$)

5. Sebuah benda bermassa $m = 1,90 \text{ kg}$ diikat dengan pegas yang ditanam pada sebuah dinding seperti gambar dibawah! Benda m kemudian ditembak dengan peluru bermassa $m = 0,10 \text{ kg}$.



Jika peluru tertahan di dalam balok dan balok bergerak ke kiri hingga berhenti sejauh $x = 25 \text{ cm}$, maka kecepatan peluru dan balok saat mulai bergerak adalah (konstanta pegas = 200 N/m)

(Jawab: $2,5 \text{ m/s}$)

Macam-macam Pegas

Kalian pasti sudah tidak asing lagi dengan pegas. Pegas berfungsi untuk menghilangkan getaran karoseri yang ditimbulkan oleh pukulan jalan pada roda mobil. Selain itu juga menjamin roda tetap menapak pada jalan. Pegas bukan hanya ditempatkan pada suspensi mobil, tetapi pada seluruh bodi mobil termasuk tempat duduk penumpang agar merasa nyaman.

Sekilas
Info Fisika



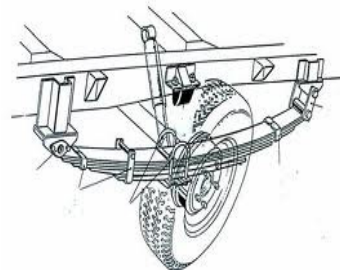
Massa yang tidak berpegas meliputi roda, rem, dan aksel sedangkan massa yang berpegas meliputi bodi dan semua komponen yang melekat pada bodi, tempat penumpang dan barang. Kendaraan semakin nyaman jika massa tak terpegas semakin ringan. Pegas sendiri terdiri dari bermacam-macam.

1. Pegas daun

Sifat - Sifat:

- Konstruksi sederhana
- Dapat meredam getaran sendiri (gesekan antara daun pegas)
- Berfungsi sebagai lengan penyangga (tidak memerlukan lengan memanjang dan melintang)

Penggunaan: Aksel depan atau belakang, tanpa atau dengan penggerak roda



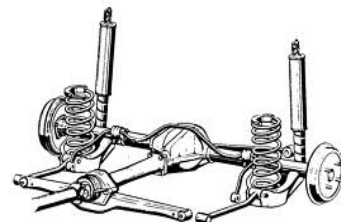
Gambar 2.8 Pegas daun

2. Pegas Koil

Sifat - Sifat:

- Langkah pemegasan panjang
- Tidak dapat meredam getaran sendiri
- Tidak dapat menerima gaya horisontal (perlu lengan - lengan)
- Energi beban yang diabsorpsi lebih besar daripada pegas daun
- Dapat dibuat pegas lembut

Penggunaan: Pada suspensi independen dan aksel rigid



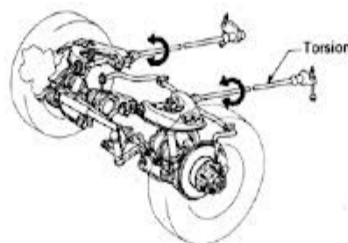
Gambar 2.9 Pegas koil

3. Pegas Batang Torsi

Sifat - Sifat:

- Memerlukan sedikit tempat
- Energi yang diabsorpsi lebih besar daripada pegas lain
- Tidak mempunyai sifat meredam getaran sendiri
- Dapat menyetel tinggi bebas mobil
- Langkah pemegasan panjang
- Mahal

Penggunaan: Suspensi Independen



Gambar 2.10 Pegas batang torsi

2**Jurnal Belajar**

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari materi hukum Hooke karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

3. Susunan Pegas



Gambar 3.1 Susunan Pegas Mobil
<http://jundhacloil.blogspot.com>

Susunan pegas pada mobil disusun secara paralel agar mampu menahan gaya yang lebih besar. Masing-masing pegas mendapatkan beban yang sama dan membagi dua beban yang diterimanya. Pegas yang disusun paralel akan lebih kuat dan seimbang.

Indikator:

Membandingkan konstanta pegas berdasarkan data pengamatan

Tujuan Pembelajaran:

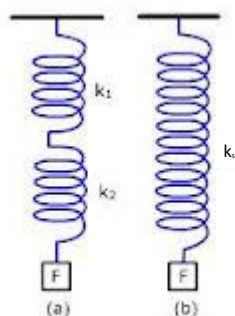
1. Siswa dapat memberi contoh gambar susunan pegas seri dan paralel.
2. Siswa dapat mengetahui perbedaan susunan pegas seri dan paralel.
3. Siswa dapat mengetahui perbandingan konstanta pegas susunan pegas seri dan paralel.
4. Siswa dapat mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan untuk membandingkan besar konstanta pegas pada susunan pegas seri dan paralel beserta dengan alasannya.
5. Siswa dapat memprediksi jawaban sementara dari perbandingan besar konstanta pegas pada susunan pegas seri dan paralel sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut.
6. Siswa dapat mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah susunan pegas.
7. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan.
8. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah.
9. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan.
10. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari

Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Rangkaian Resistor (Resistor Pengganti)
 - b. Hukum Hooke
 - c. Konstanta Gaya Pegas
2. Alat dan bahan yang diperlukan dalam melaksanakan kegiatan eksperimen harus dipersiapkan. Persiapkan juga berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian menentukan konstanta gaya pegas pada susunan pegas seri, paralel, dan gabungan.
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 1 kali pertemuan (2 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 2 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat segera melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

Salah satu contoh pemanfaatan pegas adalah *shockbreaker* pada sepeda motor. Sistem *shockbreaker* ada dua macam yaitu, *monoshockbreaker* dan *doubleshockbreaker*. Menurut kalian, sistem manakah yang memberikan kenyamanan bagi pengendara sepeda motor, sistem *monoshockbreaker* atau *doubleshockbreaker*? Apakah ada perbedaan gaya yang bekerja pada penggunaan kedua sistem tersebut?

Sistem *monoshockbreaker* dapat dianalogikan dengan sistem satu pegas dan satu beban. Sedangkan sistem *doubleshockbreaker* dapat dianalogikan dengan sistem dua pegas yang disusun paralel dengan satu beban. Bagaimanakah perhitungan gaya dan konstanta pegas pada kedua sistem tersebut? Berikut ini akan dibahas sistem pegas yang disusun secara seri dan paralel.

a Susunan Pegas Seri

Gambar 3.2 Susunan pegas seri

Prinsip susunan seri beberapa buah pegas adalah sebagai berikut (lihat gambar 3.2)

1. *Gaya tarik yang dialami setiap pegas sama besar dan gaya tarik ini sama dengan gaya tarik yang dialami pegas pengganti.*

Misalkan gaya tarik yang dialami tiap pegas adalah $\vec{F}_1$ dan $\vec{F}_2$, maka gaya tarik pada pegas pengganti adalah $\vec{F}$.

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 = \vec{F} \quad (3.1)$$

2. *Pertambahan panjang pegas pengganti seri Δx , sama dengan total pertambahan panjang masing-masing pegas.*

Secara matematis dituliskan sebagai:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 \quad (3.2)$$

Dengan menggunakan hukum Hooke dan kedua prinsip susunan seri, kita dapat menentukan hubungan antara konstanta pegas pengganti seri k_s dengan konstanta tiap-tiap pegas (k_1 dan k_2). Mari kita uraikan ketiga persamaan tersebut.

$$\begin{aligned} \vec{F} &= k_s \Delta x \Leftrightarrow \Delta x = \frac{\vec{F}}{k_s} \\ \vec{F}_1 &= k_1 \Delta x_1 \Leftrightarrow \Delta x_1 = \frac{\vec{F}}{k_1} \\ \vec{F}_2 &= k_2 \Delta x_2 \Leftrightarrow \Delta x_2 = \frac{\vec{F}}{k_2} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Dengan memasukkan nilai Δx , Δx_1 , dan Δx_2 di atas ke dalam persamaan (3.2) sehingga kita peroleh

$$\begin{aligned} \Delta x &= \Delta x_1 + \Delta x_2 \\ \frac{\vec{F}}{k_s} &= \frac{\vec{F}}{k_1} + \frac{\vec{F}}{k_2} \quad (\text{bagi persamaan dengan } \vec{F}) \\ \frac{1}{k_s} &= \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Dapatlah kita nyatakan bahwa *kebalikan tetapan pegas pengganti seri sama dengan total dari kebalikan tiap-tiap tetapan pegas*.

$$\frac{1}{k_s} = \sum_{i=1} \frac{1}{k_i} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots \quad (3.5)$$

Untuk n buah pegas identik dengan tiap pegas memiliki konstanta k , konstanta pegas pengganti seri k_s dapat dihitung dengan persamaan:

$$k_s = \frac{k}{n} \quad (3.6)$$

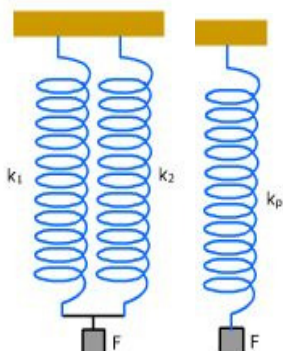
Khusus untuk dua buah pegas dengan konstanta k_1 dan k_2 yang disusun seri, konstanta pegas pengganti seri k_s dapat dihitung dengan persamaan

$$k_s = \frac{\text{kali}}{\text{jumlah}} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad (3.7)$$

Jika kalian bandingkan antara susunan pegas dan susunan resistor tampak bahwa persamaan untuk susunan *pegas seri* mirip dengan persamaan untuk susunan *resistor paralel*.

b Susunan Pegas Paralel

Kalian telah mempelajari susunan pegas seri. Sekarang kita akan membahas tentang susunan pegas paralel. Apakah perbedaan susunan pegas seri dan paralel? Untuk mengetahuinya, simak uraian berikut ini. Prinsip susunan **paralel** beberapa buah pegas adalah sebagai berikut (lihat gambar 3.3).



Gambar 3.3 Susunan pegas paralel

1. *Gaya tarik pada pegas pengganti F sama dengan total gaya tarik pada tiap pegas (F_1 dan F_2).*

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (3.8)$$

2. *Pertambahan panjang tiap pegas sama besar, dan pertambahan panjang ini sama dengan pertambahan panjang pegas pengganti.*

$$\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x \quad (3.9)$$



Kegiatan 3.1

Kolom Diskusi

Diskusikan dengan teman sebangku kamu tentang konstanta pengganti pegas k_p . Dengan menggunakan hukum Hooke dan kedua prinsip susunan pegas paralel [persamaan (3.8) dan persamaan (3.9)] tunjukkan bahwa:

Konstanta pegas pengganti paralel sama dengan total dari konstanta tiap-tiap pegas yang disusun paralel.

Secara matematis dinyatakan sebagai:

$$k_p = \sum_{i=1} k_i = k_1 + k_2 + k_3 + \dots \quad (3.10)$$

Mintalah kepada guru kalian agar memilih salah satu kelompok diskusi mempresentasikan hasil diskusinya! Buatlah kesimpulan setelah presentasi selesai dan kumpulkan di meja guru kalian!

Untuk n buah pegas identik yang disusun secara paralel, dengan tiap pegas memiliki konstanta gaya k , konstanta gaya pegas pengganti paralel k_p dapat dihitung dengan persamaan:

$$k_p = nk \quad (3.11)$$

Jika kalian bandingkan antara susunan pegas dan susunan resistor tampak bahwa persamaan untuk susunan **pegas paralel** mirip dengan persamaan untuk susunan **resistor seri**. Agar lebih memahami perbedaan susunan pegas seri dan paralel lakukan kegiatan berikut!



Kegiatan 3.2

Eksperimen Sederhana

Praktikum 4 Susunan Pegas

Masih ingatkah kalian pada praktikum 3 tentang hukum Hooke? Praktikum yang akan kita laksanakan kali ini tidak jauh berbeda dengan praktikum hukum Hooke.

I. Tujuan:

menentukan hubungan antara beban dengan pertambahan panjang pegas yang disusun secara seri dan paralel

II. Alat dan Bahan:

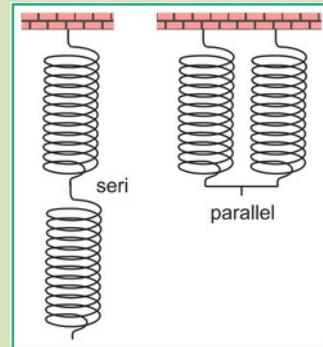
- 2 buah pegas identik
- Beban (50 g, 100 g, 150 g, 200 g, dan 250 g)
- Statif dan mistar

III. Langkah kerja:

- Susunlah alat dan bahan seperti pada praktikum 3.
- Pegas disusun secara seri dan ukur panjangnya.
- Gantungkan keping beban pada ujung pegas. Ukur kembali panjang pegas setelah diberi beban.
- Ulangi langkah tersebut untuk keping beban lain dengan massa yang berbeda. Catat semua data yang terkumpul.
- Ulangi langkah 3 - 4 untuk susunan pegas paralel (lihat gambar 3.4).

IV. Tugas:

- Diskusikan dalam kelompok tentang langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam melakukan penyelidikan dan mengapa melakukan langkah-langkah tersebut?
- Prediksilah jawaban sementara sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut!
- Lakukan praktikum secara berurutan sesuai dengan langkah-langkah yang telah kalian rencanakan mulai dari persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi dan pembuatan laporan praktikum!
- Jawaban yang diperoleh dari hasil penyelidikan harus dicek kembali, identifikasilah kesalahan yang mungkin terjadi, kemudian perbaiki kesalahan yang terjadi!
- Buatlah tabel yang terdiri dari massa beban, gaya tarik, panjang pegas, dan pertambahan panjang. Gunakan nilai $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ untuk susunan pegas seri dan paralel!
- Buatlah grafik hubungan gaya terhadap pertambahan panjang pegas untuk masing-masing susunan pegas seri dan paralel!

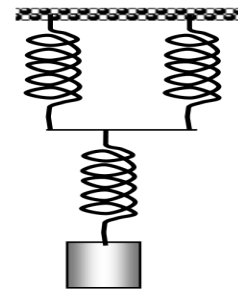


Gambar 3.4 Susunan pegas seri dan paralel

7. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
- Bagaimana hubungan antara gaya dan pertambahan panjang pegas?
 - Berapa konstanta pegas pengganti k untuk susunan pegas seri dan paralel?
 - Bandingkan antara k_s dan k_p ! Apa yang dapat kalian simpulkan dari hasil tersebut?
 - Sebutkan aplikasi penggunaan susunan pegas seri dan paralel! Jelaskan beserta dengan alasannya mengapa aplikasi tersebut harus menggunakan susunan pegas seri atau paralel!
8. Susunlah laporan praktikum dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru kalian! Format laporan praktikum tersedia di bagian akhir modul.

Contoh soal 1

Tiga buah pegas identik disusun seperti pada gambar disamping. Jika massa $m = 0,5 \text{ kg}$ dan konstanta gaya pegas $k = 300 \text{ N/m}$, hitunglah pertambahan panjang total sistem pegas!



Diketahui: $m = 0,5 \text{ kg}$
 $k = 300 \text{ N/m}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Ditanya: Δx ?

Jawab: Untuk pegas yang disusun paralel berlaku
 $k_p = k + k = 2k$

Dengan demikian, pertambahan panjang untuk dua pegas yang disusun paralel sama dengan x_p , yaitu

$$\vec{F} = k_p x_p$$

$$mg = 2k x_p$$

$$x_p = \frac{mg}{2k}$$

$$= \frac{(0,5 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)}{2(300 \text{ N/m})}$$

$$= 0,0082 \text{ m} = 8,2 \text{ mm}$$

Pegas ketiga merupakan pegas tunggal yang disusun seri dengan pegas paralel, sehingga pertambahan panjang dari pegas ketiga ini sama dengan x_s

$$x_s = \frac{\vec{F}}{k} = \frac{mg}{k}$$

$$x_s = \frac{(0,5 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)}{300 \text{ N/m}} = 16,3 \text{ mm}$$

Jadi, pertambahan panjang total sistem pegas sama dengan

$$x = x_p + x_s = \mathbf{24,5 \text{ mm.}}$$

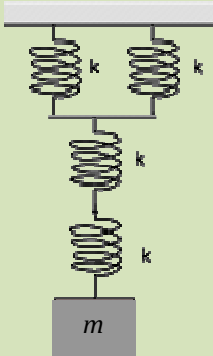


Kegiatan 3.3

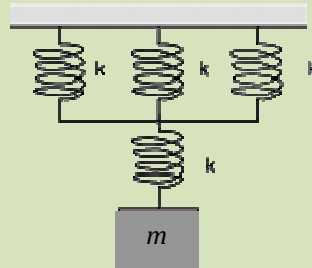
Mari Berlatih

1. Gambarkan susunan pegas seri dan paralel!
2. Sebutkan perbedaan susunan pegas seri dan paralel berdasarkan bentuk, gaya, pertambahan panjang pegas, dan konstanta pegas penggantinya!
3. Tiga buah pegas identik disusun secara seri dan paralel. Manakah yang lebih besar konstanta pegas penggantinya?
4. Empat buah pegas identik dengan konstanta gaya k disusun seperti tampak pada gambar dan diberi beban bermassa m . Hitunglah pertambahan panjang untuk masing-masing sistem pegas dinyatakan dalam m , g , dan k .

a.



b.



5. Untuk soal no 4 jika $k = 200\text{N/m}$ untuk masing-masing pegas dan $m = 0,5\text{ kg}$, tentukan pertambahan panjang sistem pegas pada masing-masing gambar!

(Jawab: a. 6,12 cm, b. 3,27 cm)



Jika terdapat dua buah pegas identik yang disusun secara seri dan paralel, maka susunan pegas seri akan memiliki konstanta gaya pegas lebih kecil. Sedangkan susunan pegas paralel akan memiliki konstanta gaya pegas lebih besar. Sehingga, pegas dapat disusun sesuai dengan kepentingan penggunaannya. Seperti susunan pegas paralel pada *shockbreaker* motor agar lebih seimbang dan beban ditumpu oleh dua sisi dengan sama besar.

3

Jurnal Belajar

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari materi susunan pegas karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

4. Penerapan Elastisitas dalam Kehidupan



Gambar 4.1 Berbagai macam neraca pegas
<http://ybap.wordpress.com/2011/09/26/beberapa-alat-praktikum-fisika-1/>

Neraca pegas merupakan pemanfaatan dari sifat elastis benda yang sangat sederhana. Pertambahan panjang pegas digunakan untuk mengukur gaya yang diberikan benda yang digantungkan di ujung neraca.

Indikator:

Menganalisis berbagai peralatan sehari-hari berdasarkan konsep elastisitas

Tujuan Pembelajaran:

1. Siswa dapat memberi contoh peralatan sehari-hari yang menerapkan prinsip elastisitas.
2. Siswa dapat mengetahui perbandingan aplikasi konsep elastisitas pada berbagai peralatan.
3. Siswa dapat mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam pembuatan alat sederhana dengan prinsip elastisitas beserta dengan alasannya.
4. Siswa dapat mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pembuatan alat sederhana.
5. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan.
6. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah.
7. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan.
8. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari.

Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Pengertian elastisitas, Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastis.
 - b. Hukum Hooke, Konstanta Gaya Pegas, dan Energi sistem Pegas.
 - c. Susunan Pegas Seri, Paralel, dan Gabungan.
2. Alat dan bahan yang diperlukan dalam melaksanakan kegiatan pembuatan alat sederhana harus dipersiapkan. Persiapkan juga berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian menentukan contoh aplikasi elastisitas dalam kehidupan sehari-hari.
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 1 kali pertemuan (2 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 2 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat segera melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

Kalian sudah mempelajari materi tentang elastisitas mulai dari pengertian elastisitas, tegangan, regangan, modulus elastis, hukum Hooke, konstanta gaya benda elastis, susunan pegas seri dan paralel. Apakah kalian tahu untuk apa kalian mempelajari semua itu? Konsep-konsep elastisitas sangat erat dengan kehidupan sehari-hari kita. Banyak pemanfaatan elastisitas dalam berbagai peralatan yang kita gunakan sehari-hari. Kegiatan belajar kali ini akan mengulas berbagai pemanfaatan elastisitas dalam kehidupan sehari-hari.

a Peredam Getaran atau Guncangan pada Kendaraan

Beberapa aplikasi elastisitas dalam kehidupan telah sedikit disinggung pada penjelasan materi sebelumnya. Berikut ini akan kita ulas aplikasi elastisitas lebih detail. Gambar disamping ini adalah pegas yang digunakan sebagai peredam kejutan pada kendaraan sepeda motor.



Gambar 4.2 Suspensi sepeda motor

Istilah lainnya pegas digunakan pada sistem suspensi kendaraan bermotor. Tujuan adanya pegas ini adalah untuk meredam kejutan ketika sepeda motor yang dikendarai melewati permukaan jalan yang tidak rata. Ketika sepeda motor melewati jalan berlubang, gaya berat yang bekerja pada pengendara (dan gaya berat motor) akan menekan pegas sehingga pegas mengalami mampatan.

Akibat sifat elastisitas yang dimilikinya, pegas meregang kembali setelah termampatkan. Perubahan panjang pegas ini menyebabkan pengendara merasakan

ayunan. Dalam kondisi ini, pengendara merasa sangat nyaman ketika sedang mengendarai sepeda motor.

Pegas yang digunakan pada sepeda motor atau kendaraan lainnya telah dirancang untuk mampu menahan gaya berat sampai batas tertentu. Jika gaya berat yang menekan pegas melewati batas elastisitasnya, maka lama kelamaan sifat elastisitas pegas akan hilang. Oleh karena itu agar pegas sepeda motor kalian awet, maka sebaiknya jangan ditumpangi lebih dari tiga orang. Perancang sepeda motor telah memperhitungkan beban maksimum yang dapat diatasi oleh pegas (biasanya dua orang).

Pegas bukan hanya digunakan pada sistem suspensi sepeda motor tetapi juga pada kendaraan lainnya, seperti mobil, kereta api, dll. Pada mobil, terdapat juga pegas pada setir kemudi. Untuk menghindari benturan antara pengemudi dengan gagang setir, maka pada kolom setir diberi pegas. Berdasarkan hukum I Newton (Hukum Inersia), ketika tabrakan terjadi, pengemudi dan penumpang cenderung untuk terus bergerak kedepan. Nah, ketika pengemudi bergerak maju, kolom setir tertekan sehingga pegas memendek dan bergeser miring. Dengan demikian, benturan antara dada pengemudi dan setir dapat dihindari.

b Karet Ketapel



Gambar 4.3 Seorang anak sedang bermain ketapel

Nah, contoh yang sangat sederhana dan mungkin sering kalian temui adalah ketapel. Ketika hendak menembak burung dengan ketapel misalnya, karet ketapel terlebih dahulu diregangkan (diberi gaya tarik). Akibat sifat elastisitasnya, panjang karet ketapel akan kembali seperti semula setelah gaya tarik dihilangkan. Energi potensial yang semula tersimpan dalam karet ketapel akan diubah ke dalam energi kinetik pada peluru batu setelah karet dilepaskan. Akibatnya, peluru akan terlempar dengan kecepatan tertentu bergantung dari panjang tarikan pada karetnya.

Masih ingatkah kalian dengan persamaan energi potensial pegas? Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah pertambahan panjang pegas. Semakin besar pertambahan panjang pegas, maka semakin besar pula energi potensial yang dimilikinya. Sehingga, semakin besar pula energi kinetik peluru dan semakin cepat peluru terlempar. Dengan demikian, kalian dapat memperkirakan besarnya gaya yang diperlukan untuk menarik ketapel untuk membidik sasaran dengan jarak tertentu. Itulah asyiknya belajar fisika.

c Spring bed



Gambar 4.4 Spring bed

Tidur menggunakan *spring bed* akan terasa lebih nyaman dibandingkan dengan menggunakan kasur biasa. Kenyamanan ini diperoleh dari getaran atau gerakan periodik yang berasal dari pegas yang terdapat di dalam *spring bed* dan digabungkan dengan spons.

Prinsip kerja dari *spring bed* ini adalah bila terdapat beban maka pegas akan bergerak naik-turun melewati titik setimbangnya dan dalam waktu tertentu pegas akan berhenti pada posisi semula.

Pegas yang digunakan pada *spring bed* merupakan pegas koil yang bergetar secara vertikal (naik-turun). Getaran yang terjadi pada *spring bed* ini adalah getaran teredam, dengan spons sebagai peredamnya. Hal ini menyebabkan pegas pada *spring bed* dalam waktu tertentu akan berhenti (tidak bergerak terus menerus). Pada *spring bed* ini, juga berlaku hukum II Newton (gaya yang terdapat pada sistem) dan gaya pegas itu sendiri yaitu:

$$m \left(\frac{d^2v}{dt} \right) = -kx \quad (4.1)$$

Dimana, m adalah massa benda, d^2v/dt adalah percepatan, k adalah konstanta pegas dan x adalah simpangan yang terjadi pada pegas.

d Dinamometer

Pernahkah kalian melihat dinamometer? Dinamometer biasa disebut dengan neraca pegas, sebagaimana tampak pada gambar 4.5 adalah alat pengukur gaya.



Gambar 4.5 Dinamometer alat pengukur gaya

Dinamometer biasanya digunakan untuk menghitung besar gaya pada percobaan di laboratorium. Dinamometer memiliki pegas di dalamnya. Pegas tersebut akan meregang ketika dikenai gaya luar. Misalnya kalian melakukan percobaan mengukur besar gaya gesekan. Ujung pegas dikaitkan dengan sebuah benda bermassa. Ketika benda ditarik, maka pegas meregang. Regangan pegas tersebut menunjukkan ukuran gaya, di mana besar gaya ditunjukkan oleh jarum pada skala yang terdapat pada sisi luar pegas.

e Penerapan Elastisitas pada Konstruksi Bangunan

Apakah diantara kalian ada yang bercita-cita menjadi arsitek atau ahli bangunan? Jika iya, pahami penjelasan berikut dengan baik. Pada pembahasan mengenai tarikan, tekanan dan geseran, kita telah belajar mengenai perubahan bentuk pada setiap benda padat akibat adanya tegangan yang dialami benda tersebut. Ketika sebuah benda diberikan gaya luar maka akan timbul gaya dalam atau gaya internal pada benda itu sendiri. Ini adalah gaya tegangan yang telah dijelaskan sebelumnya.

Salah satu pemanfaatan sifat elastisitas benda padat dalam konstruksi bangunan adalah berkaitan dengan teknik memperluas ruangan. Berikut ini beberapa cara yang digunakan ahli bangunan dalam memperluas ruang sebuah bangunan. Mari kita bahas satu persatu.

1. Balok dan Tiang Penyangga Bangunan



Gambar 4.6 Balok dan tiang penyangga

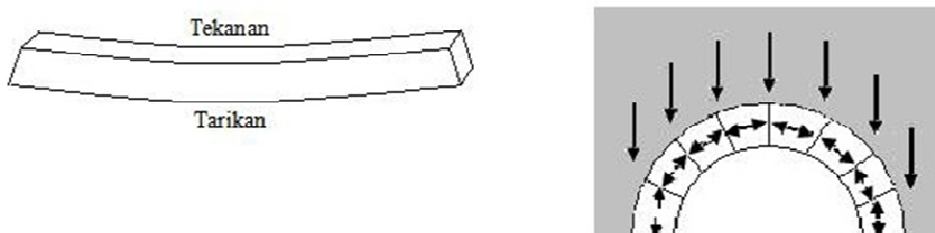
Setiap rumah atau bangunan lainnya pasti memiliki pintu atau penghubung ruangan yang bentuknya seperti gambar di samping. Kebanyakan bangunan menggunakan batu dan bata sebagai bahan dasar (disertai campuran semen dan pasir).

Permasalahannya adalah batu dan bata sangat lemah terhadap tarikan dan geseran walaupun kuat terhadap tekanan. Kalian bisa membuktikan hal ini. Jika disekitar tempatmu terdapat batu dan bata, jika batu dan bata ditumpuk (disusun secara vertikal) dalam jumlah banyak, batu dan bata tidak mudah patah (bentuknya tetap seperti semula).

Dalam hal, ini batu dan bata sangat kuat terhadap tekanan. Tetapi jika batu dan bata mengalami tegangan tarik dan tegangan geser, batu dan bata mudah patah. Oleh karena itu, digunakan balok untuk mengatasi masalah ini. Balok mampu mengatasi tegangan tarik, tegangan mampat dan tegangan geser. Jika kalian amati balok penyangga pada pintu rumah, tampak bahwa balok tersebut tidak berubah bentuk. Sebenarnya terdapat perubahan bentuk balok, hanya perubahannya sangat kecil sehingga tidak tampak ketika dilihat dari jauh. Bagian atas balok mengalami mampatan akibat adanya tegangan mampat yang disebabkan beban di atasnya (batu, bata, dan material lainnya) sedangkan bagian bawah balok mengalami pertambahan panjang (akibat tegangan tarik). Tegangan geser terjadi di dalam balok.

2. Lengkung Setengah Lingkaran

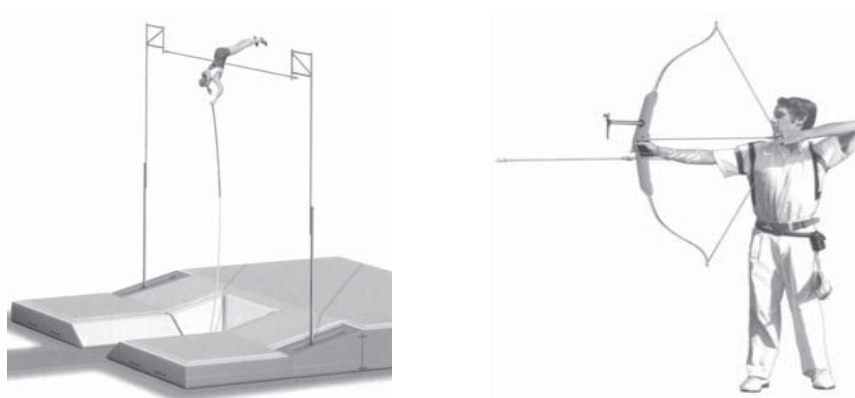
Pernahkah kalian melihat pintu atau penghubung ruang sebuah bangunan seperti tampak pada gambar di bawah? Lengkungan setengah lingkaran ini pertama kali diperkenalkan oleh orang Romawi. Apabila dirancang dengan baik maka batu-batu yang disusun melengkung mengalami tegangan mampat (batu-batu saling berdempetan) sehingga dapat menahan beban berat yang ada di atasnya. Ingat ya, batu sangat kuat terhadap tekanan. Kalau kalian belum paham, coba baca kembali secara perlahan-lahan. Sebaiknya baca semua materi secara berurutan seperti yang telah disampaikan dalam modul ini. Karena, setiap konsep yang dijelaskan sebelumnya sangat penting untuk pembahasan berikutnya.



Gambar 4.7 tegangan yang dialami lengkung setengah lingkaran

f Penerapan Elastisitas pada Bidang Olahraga

Bidang olahraga menerapkan sifat elastis bahan antara lain pada papan luncuran pada cabang olah raga loncat indah dan tali busur pada olahraga panahan. Karena adanya papan yang memberikan gaya Hooke pada atlit, maka atlit dapat meloncat lebih tinggi daripada tanpa papan. Sedangkan tali busur memberikan gaya pegas pada busur dan anak panah.



Gambar 4.8 Pemanfaatan sefat elastisitas bahan pada bidang olahraga



Kegiatan 4.1

Kreasi Fisika

Kalian telah mempelajari berbagai aplikasi elastisitas dalam kehidupan sehari-hari. Tugas kalian pada kegiatan belajar kali ini adalah membuat suatu alat sederhana yang menerapkan prinsip elastisitas. Buatlah kelompok yang terdiri dari 5 orang. Setiap kelompok diwajibkan membuat satu alat sederhana dengan prinsip elastisitas. Setelah alat sederhana yang kalian buat selesai, setiap kelompok harus mempresentasikan karyanya di depan kelas. Kumpulkan alat sederhana yang kalian buat untuk dijadikan koleksi di Laboratorium Fisika.

Elastisitas dalam Karate

Menghancurkan papan kayu, tumpukan balok beton atau bahan-bahan sejenisnya dengan tangan kosong atau dengan kaki merupakan demonstrasi yang mengagumkan yang sering dilakukan oleh para karateka. Makna fisis dari unjuk kekuatan ini dapat dianalisis dalam konteks sifat-sifat bahan yang dipakai dalam demonstrasi tersebut.

Ketika melayangkan sebuah pukulan, seorang karateka memberikan gaya paling besar pada bagian atas papan atau balok dengan waktu yang sangat cepat. Pada saat yang sama tulang-tulang jari tangan juga mendapatkan tekanan yang sama besarnya. Tuhan telah menciptakan manusia dengan luar biasa. Tulang manusia mampu menahan gaya tekan yang lebih besar dibandingkan dengan kayu, keramik, atau balok. Kekuatan maksimum tulang menahan tekanan empat kali lebih besar dibandingkan dengan kekuatan dari bahan-bahan di atas. Itulah sebabnya mengapa tulang para karateka tidak patah.



Gambar 4.9 Demonstrasi seorang karateka mematahkan tumpukan keramik

Mematahkan keramik seperti pada gambar disamping dengan sebuah pukulan bergantung pada kekuatan fisik karateka dan kekuatan bahan-bahan. Kayu, beton, dan keramik mempunyai regangan maksimum dan kemampuan menahan tekanan yang berbeda. Namun, kekuatan kompresi maksimum tulang lebih besar dibandingkan bahan-bahan tersebut.

Ketika keramik dipukul, permukaan paling atas tertekan dan permukaan paling bawah meregang. Kayu, keramik, dan balok beton lebih rapuh terhadap regangan dibandingkan dengan tekanan.

Kekuatan maksimal keramik menahan regangan hanya sekitar seperdua puluh kali kekuatan menahan tekanan. Kemudian keramik mulai retak pada permukaan bawahnya terlebih dahulu. Retak menjalar dari sisi bawah menuju tengah, melebar, dan menjadi retak sempurna. Dengan demikian, tangan sebenarnya tidak pernah memotong keramik tersebut.

Jumlah gaya yang dibutuhkan untuk mematahkan keramik tidak meningkat berdasarkan jumlah bahan. Pada foto berkecepatan tinggi terlihat bahwa tangan melakukan kontak hanya dengan satu atau dua keramik pada bagian atas tumpukan. Saat masing-masing bahan patah, bahan-bahan ini berbenturan dan mematahkan tumpukan dibawahnya.

Meskipun sifat-sifat bahan terhadap tekanan dan regangan menjamin kesuksesan demonstrasi ini, tetapi untuk melakukan demonstrasi tersebut dengan sukses kalian harus menguasai teknik-teknik tersebut terlebih dahulu. Seperti kecepatan dan kekuatan pukulan. Jadi, tetap saja hal tersebut hanya dapat dilakukan oleh ahli yang sudah terlatih.

Kita sudah belajar banyak tentang aplikasi elastisitas dalam kehidupan sehari-hari, mulai yang paling sederhana hingga yang kompleks dengan berbagai perhitungan matematis.

Apa saja yang sudah kita pelajari?

1. Tali jemuran
2. Kontruksi bangunan
3. Elastisitas dalam bidang olahraga
4. Sistem suspensi kendaraan
5. *Spring bed*
6. Ketapel dan Panah

Masih banyak lagi aplikasi-aplikasi elastisitas dalam kehidupan sehari-hari jika kalian jeli mencermatinya.



Ayo cari tahu... !

Ada beberapa buku yang dapat dijadikan referensi untuk membantu kalian dalam belajar.

1. Aip Saripudin, dkk. *Praktis Belajar Fisika*. Bandung: PT Grafindo Media Pratama.
2. Kamajaya. (2007). *Cerdas Belajar Fisika*. Bandung: Grafindo Media Pratama.
3. M. Ali Yaz. (2017). *Fisika 2 Kelas XI*. Penerbit Yudhistira.
4. Goris Seran D, dkk. (2006). *Fisika SMA/MA Kelas XI*. Garasindo.
5. M. Achya Arifudin. *Fisika Pelajaran Fisika untyk SMA/MA*. Inter Plus.
6. Evandiari. (2006). *Kumpulan Lengkap Rumus Fisika SMA*. Jakarta: Puspa Swara.

4

Jurnal Belajar

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari aplikasi elastisitas dalam kehidupan sehari-hari karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

RINGKASAN MATERI

1. Benda elastis adalah benda yang dapat kembali ke bentuknya semula bila gaya yang bekerja diiadakan.
2. Elastisitas bahan dapat dilihat dari besarnya modulus elastis bahan.
3. Modulus elastis merupakan konstanta perbandingan antara tegangan dan regangan yang dialami bahan.

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{e} \quad (\text{satuan N/m}^2)$$

4. Modulus Young adalah besarnya konstanta perbandingan antara tegangan tarik dan regangan tarik yang dialami oleh suatu bahan.

$$Y = \frac{\text{Tegangan tarik}}{\text{Regangan tarik}} = \frac{\sigma}{e} \quad (\text{satuan N/m}^2)$$

5. Hukum Hooke berbunyi *"Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus (sebanding) dengan gaya tariknya"*.

$$\vec{F} = k\Delta x \quad (\text{satuan N})$$

6. Konstanta gaya suatu benda merupakan besaran yang menggambarkan besarnya gaya yang diperlukan untuk meregangkan benda tersebut sejauh 1 meter.
7. Besarnya energi potensial pegas bergantung pada pertambahan panjang pegas dan konstanta gaya pegas.
8. Prinsip susunan seri beberapa buah pegas adalah:

Gaya tarik yang dialami tiap pegas sama besar dan gaya tarik ini sama dengan gaya tarik yang dialami pegas pengganti.

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 = \vec{F}$$

Pertambahan panjang pegas pengganti seri Δx , sama dengan total pertambahan panjang tiap-tiap pegas.

$$\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x$$

Konstanta gabungan pegas seri adalah

$$\frac{1}{k_s} = \sum_{i=1}^n k_i = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots \quad \text{untuk } n \text{ pegas identik: } k_s = \frac{k}{n} \quad (\text{satuan N/m})$$

9. Prinsip susunan paralel beberapa buah pegas adalah:
Gaya tarik pada pegas pengganti F sama dengan total gaya tarik pada tiap pegas (F_1 dan F_2).

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Pertambahan panjang tiap pegas sama besar, dan pertambahan panjang ini sama dengan pertambahan panjang pegas pengganti.

Konstanta gabungan pegas paralel

$$k_p = \sum_{i=1}^n k_i = k_1 + k_2 + k_3 + \dots \quad \text{untuk } n \text{ pegas identik } k_p = nk \quad (\text{satuan N/m})$$

10. Berbagai pemanfaatan konsep elastisitas dalam kehidupan sehari-hari antara lain adalah suspensi kendaraan, *spring bed*, ketapel, dinamometer, konstruksi bangunan, dan berbagai kegiatan olahraga.

EVALUASI KD 1.3

(Jika tidak disebutkan gunakan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

I. Pilihan Ganda

1. Suatu benda jika ditarik pada keadaan tertentu, dan kemudian dilepas, maka benda tersebut memiliki sifat tidak kembali ke bentuk semula. Sifat seperti ini disebut sifat ...
 - A. Kekerasan
 - B. Kekuatan
 - C. Regangan
 - D. Elastis
 - E. Plastis
2. Menurut Hukum Hooke, pertambahan panjang suatu batang yang ditarik oleh suatu gaya ...
 - A. berbanding lurus dengan besar gaya tarik
 - B. berbanding lurus dengan luas penampang batang
 - C. berbanding terbalik dengan panjang mula-mula
 - D. berbanding terbalik dengan Modulus Young
 - E. berbanding lurus dengan panjang mula-mula
3. Sebuah batang yang panjang mula-mulanya L ditarik dengan gaya F . Jika luas penampang batang A dan modulus elastis batang tersebut E , maka persamaan pertambahan panjangnya adalah ...
 - A. $\frac{EA}{\vec{F}L_0}$
 - B. $\frac{EAL_0}{\vec{F}}$
 - C. $\frac{\vec{F}L_0}{EA}$
 - D. $\frac{\vec{F}A}{EL_0}$
 - E. $\frac{\vec{F}L_0A}{E}$
4. Sebuah pegas panjangnya L_0 , luas penampang A , dan modulus Youngnya E . Maka, besarnya konstanta pegas k yang dimiliki oleh pegas tersebut adalah ...
 - A. $\frac{EA}{L_0}$
 - B. $\frac{AL_0}{E}$
 - C. $\frac{EL_0}{A}$
 - D. $\frac{E}{AL_0}$
 - E. $\frac{A}{EL_0}$
5. Sebuah batang elastis panjangnya 4 m dan luas penampangnya $1,5 \text{ cm}^2$. Ketika batang tersebut digantungi beban 330 kg ternyata meregang 0,7 mm. Besarnya modulus Young bahan batang tersebut adalah ...
 - A. $1,23 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
 - B. $1,50 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
 - C. $3,30 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
 - D. $4,32 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
 - E. $5,25 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
6. Sebuah logam mempunyai modulus Young $4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, luas penampangnya 20 cm^2 dan panjang batangnya adalah 5 m. Konstanta gaya dari logam tersebut adalah ...
 - A. 400 N/m
 - B. 800 N/m
 - C. 1600 N/m
 - D. 3200 N/m
 - E. 6400 N/m
7. Besarnya tegangan yang dilakukan pada sebuah batang adalah $2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Jika panjang batang adalah 4 m dan modulus Elastisnya $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, maka pertambahan panjang batang adalah ...

- A. 0,8 cm D. 5,0 cm
 B. 1,6 cm E. 6,4 cm
 C. 3,2 cm
8. Dua pegas identik dengan konstanta gaya 400 N/m. Kedua pegas tersebut diparalelkan. Tentukan besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menarik pegas sehingga bertambah panjang 5 cm!
 A. 20 N D. 120 N
 B. 40 N E. 160 N
 C. 80 N
9. Empat buah pegas masing-masing dengan konstanta gaya k disusun secara paralel. Konstanta gaya susunan pegas tersebut adalah ...
 A. $1/4 k$ D. $2 k$
 B. $1/2 k$ E. $4 k$
 C. k
10. Sebuah pegas menggantung, dalam keadaan normal panjangnya 20 cm. Bila pada ujung pegas digantungkan sebuah benda yang mempunyai massa 50 g, maka panjang pegas menjadi 25 cm. Jika kemudian benda tersebut disimpangkan sejauh 4 cm, maka energi potensial elastik sistem adalah ...
 A. 0,008 J D. 0,4 J
 B. 0,016 J E. 2 J
 C. 0,2 J
- II. Soal Esai**
- Jelaskan beserta dengan contoh yang dimaksud dengan benda elastis dan tak elastis!
 - Sebuah balok besi bermassa 10 kg digantungkan pada sebuah kawat logam berdiameter 0,2 cm dan panjang 50 cm. Akibatnya, kawat logam tersebut memanjang sejauh 0,02 cm. Hitunglah tegangan, regangan, dan modulus elastis kawat tersebut!
 - Diketahui modulus Young timah $1,6 \times 10^{10}$ N/m². Hitunglah berat beban maksimum yang boleh digantungkan pada seutas kawat timah yang berdiameter 10 mm jika regangan yang terjadi tidak boleh lebih dari 0,001!
 - Sebuah grafik hasil eksperimen menunjukkan gaya yang diberikan pada sebuah pegas dalam satuan N (pada sumbu-y) sebanding dengan pertambahan panjang dalam satuan mm (pada sumbu-x) sehingga menghasilkan sebuah persamaan garis lurus. Jika pada garis tersebut terdapat titik A (20,3) dan titik B (40,6), tentukan besar konstanta gaya pegas tersebut!
 - Sebuah benda bermassa 0,5 kg digantung pada sebuah pegas sehingga pegas tersebut bertambah panjang 5 cm. Hitunglah konstanta pegas tersebut! (anggap $g = 10 \text{ m/s}^2$)
 - Bandingkan konstanta pegas pada no 4 dan 5. Pegas manakah yang lebih kaku dan memerlukan gaya lebih besar untuk menariknya? Jelaskan!
 - Sebuah pegas tergantung tanpa beban panjangnya 30 cm. Kemudian ujung bawah pegas digantungi beban 100 gram sehingga panjang pegas menjadi 35 cm. Jika beban tersebut ditarik ke bawah sejauh 10 cm, dan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 , maka hitunglah energi potensial elastik pegas!

8. Terdapat 5 buah pegas identik dengan konstanta pegas $k = 50 \text{ N/m}$. Tentukan pertambahan panjang total sistem pegas setelah diberi beban $0,25 \text{ kg}$, jika masing-masing pegas disusun secara:
 - a. seri
 - b. paralel(Anggap $g = 10 \text{ m/s}^2$, sertakan gambar susunan pegas untuk poin a dan b!)
9. Budi memiliki 3 buah pegas identik dengan konstanta tiap pegas $k = 80 \text{ N/m}$. Oleh Budi, 2 pegas dipasang secara paralel dan kemudian diserikan dengan sebuah pegas lainnya. Jika pada ujung sistem pegas tersebut diberi beban 9 N , tentukan pertambahan panjang total sistem pegas tersebut!
10. Sebutkan dan jelaskan aplikasi elastisitas dalam kehidupan sehari-hari!

Catatan:

GERAK HARMONIK SEDERHANA



KD: 1.4 Menganalisis hubungan antara gaya dengan gerak harmonik sederhana

Indikator Pencapaian Materi:

1. mendeskripsikan karakteristik gerak pada alunan pegas
2. menjelaskan hubungan antara periode getaran dengan massa beban berdasarkan data pengamatan
3. menganalisis gaya, simpangan, kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial dan energi mekanik pada gerak harmonik sederhana

5. Gerak Harmonik



Gambar 5.1 Dutch Stoelekloek Warmink (jam kuno)

Pendulum jam kuno berayun secara berulang dan bolak-balik melalui titik kesetimbangannya. Gerakan ini dinamakan dengan gerak harmonik sederhana.

Indikator:

Mendesripsikan karakteristik gerak pada getaran pegas

Tujuan Pembelajaran:

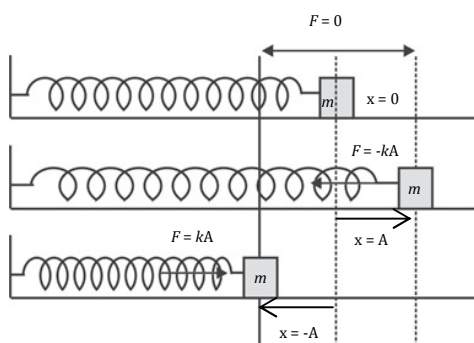
1. Siswa dapat memberi contoh gerak harmonik.
2. Siswa dapat mengetahui perbedaan gerak lurus berubah beraturan dan gerak harmonik sederhana.
3. Siswa dapat memecahkan masalah tentang karakteristik gerak harmonik.
4. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan.
5. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah.
6. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan.
7. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari.

Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Kenematika Gerak dengan Analisis Vektor.
 - b. Hukum II Newton.
 - c. Elastisitas.
 - d. Hukum Hooke.
 - e. Getaran.
2. Persiapkan berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian menentukan periode dan frekuensi gerak harmonik pada unit kegiatan belajar selanjutnya.
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 1 kali pertemuan (2 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 2 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat segera melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

Pernahkan kalian mengamati apa yang terjadi ketika senar gitar dipetik lalu dilepaskan? Kalian akan melihat **suatu gerak bolak-balik melewati lintasan yang sama. Gerakan seperti ini dinamakan gerak periodik**. Contoh lain gerak periodik adalah gerakan bumi mengelilingi matahari (revolusi bumi), gerakan bulan mengelilingi bumi, dan gerakan ayunan sebuah bandul. Di antara gerak periodik ini ada gerakan yang dinamakan gerak harmonik. Apakah yang dimaksud dengan gerak harmonik? Ayo kita pelajari lebih dalam lagi!

a Pengertian Gerak Harmonik Sederhana



Gambar 5.2 Benda bermassa m dihubungkan dengan pegas yang mendatar di suatu bidang datar

Ketika pegas yang diberi beban kita tarik ke samping kemudian kita lepaskan, apa yang terjadi kemudian? Pegas akan bergerak kanan-kiri sampai beberapa saat kemudian. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya gerakan tersebut dinamakan gerak periodik.

Mari kita analisis gerakan benda m yang dihubungkan dengan ujung pegas bebas yang mendatar di suatu bidang horizontal licin (gesekan diabaikan).

Sebelumnya telah kalian pelajari ketika pegas diberi simpangan x , pegas akan memberikan gaya sebesar $\vec{F} = kx$.

Gambar 5.2 menunjukkan benda m ditarik sejauh $\vec{A}$ ke kanan, sehingga simpangan $\vec{x} = +\vec{A}$, dan gaya lenting pulih pegas $\vec{F} = -k\vec{A}$. Gaya pegas $\vec{F} = -k\vec{A}$ berarah ke kiri sehingga bertanda negatif. Gaya ini cenderung menggerakkan benda ke kiri jika benda m dibebaskan (tidak ditahan). Benda m bergerak ke kiri melalui posisi keseimbangannya, yaitu $\vec{x} = 0$ dan $\vec{F} = 0$. Pada posisi keseimbangannya tidak bekerja gaya pegas karena $\vec{F} = 0$. tetapi, pada posisi ini benda memiliki kecepatan dengan arah ke kiri, sehingga benda akan terus bergerak ke kiri.

Ketika simpangan $\vec{x}$ negatif (ke kiri), maka pada benda m akan bekerja gaya pegas $\vec{F} = -k\vec{x}$ ke arah kanan. Gaya pegas yang berlawanan arah memperlambat gerak benda sehingga benda berhenti sesaat di titik terjauh kiri yaitu $\vec{x} = -\vec{A}$ dan akan muncul gaya pegas $\vec{F} = -k\vec{x} = k\vec{A}$ yang positif (berarah ke kanan). Gaya pegas ini akan menggerakkan benda ke kanan untuk kembali melalui titik keseimbangannya. Demikian seterusnya, *benda bergerak bolak-balik di sekitar titik keseimbangannya. Gerak seperti itu dinamakan dengan gerak harmonik sederhana.* Pada kasus di atas mengapa benda m selalu bergerak bolak-balik? Kita akan membahasnya pada materi Gaya lenting pulih.

b Gaya Pemulih/ Gaya Lenting Pulih

Kalian telah mempelajari tentang pengertian gerak harmonik sederhana yang digambarkan dengan gerakan sebuah massa m pada ujung pegas mendatar. Penjelasan gambar 5.2 membantu kalian dalam menganalisis penyebab dari gerakan bolak-balik benda m . Dari penjelasan tersebut, kalian dapat mengetahui bahwa benda m dapat bergerak bolak-balik karena adanya gaya pegas $\vec{F} = -k\vec{x}$. *Gaya pegas selalu sebanding dengan simpangan $\vec{x}$ dan selalu berlawanan arah dengan arah simpangan $\vec{x}$.* Maksudnya, ketika simpangan $\vec{x}$ berarah ke kanan dari titik keseimbangan (nilai $\vec{x}$ positif), maka gaya pegas $\vec{F} = -k\vec{x}$ berarah ke kiri (nilai $\vec{F}$ negatif), dan ketika simpangan $\vec{x}$ berarah ke kiri dari titik keseimbangan (nilai $\vec{x}$ negatif), maka gaya pegas $\vec{F} = -k\vec{x}$ berarah ke kanan (nilai $\vec{F}$ positif).

Gaya yang besarnya sebanding dengan simpangan dan selalu berlawanan arah dengan arah simpangan (posisi) disebut dengan gaya pemulih. Pahami bahwa gaya pemulih selalu menyebabkan benda bergerak bolak-balik di sekitar titik keseimbangan (gerak harmonik sederhana). Pahami juga bahwa *gaya pemulih selalu berlawanan dengan arah simpangan benda.* Tanda minus menunjukkan bahwa gaya pemulih selalu pada arah yang berlawanan dengan arah simpangannya.

Secara matematis gaya pemulih dituliskan dengan:

$$\vec{F} = -k\vec{x} \quad (5.1)$$

Jika kalian gabungkan persamaan di atas dengan hukum II Newton $F = ma$, maka diperoleh persamaan berikut.

$$\vec{F} = -k\vec{x} = m\vec{a} \quad (5.2)$$

Sehingga, diperoleh nilai percepatan ($\vec{a}$) adalah:

$$\vec{a} = -\left(\frac{k}{m}\right)\vec{x} \quad (5.3)$$

Dari persamaan diatas terlihat bahwa **percepatan berbanding lurus dengan simpangan dan arahnya berlawanan dengan arah simpangan**. Hal ini merupakan karakteristik umum getaran harmonik. Syarat suatu gerak dikatakan getaran harmonik adalah:

1. Gerakannya periodik (bolak-balik).
2. Gerakannya selalu melewati posisi keseimbangan.
3. Percepatan atau gaya yang bekerja pada benda sebanding dengan posisi/simpangan benda.
4. Arah percepatan atau gaya yang bekerja pada benda selalu mengarah ke posisi keseimbangan/berlawanan dengan arah simpangan.

Tentunya kalian sudah paham dengan apa yang dimaksud dengan gerak harmonik



Kegiatan 5.1

Mari Berlatih

1. Apakah yang dimaksud dengan gerak harmonik sederhana? Sebutkan contohnya dalam kehidupan sehari-hari!
2. Mengapa suatu benda dapat mengalami gerak harmonik sederhana?
3. Apa saja karakteristik suatu benda dikatakan bergerak harmonik sederhana?
4. Melalui hukum II Newton dan persamaan gaya pemulih jelaskan perbedaan gerak lurus berubah beraturan dan gerak harmonik!
5. Teliti kembali jawaban nomor 1 sampai dengan 4. Apakah kalian yakin dengan jawaban kalian? Jika belum yakin, nomor berapa saja yang kalian belum yakin? Diskusikan jawaban kalian dengan teman dan ibu/bapak guru!



Gerak harmonik sederhana adalah gerak benda bergerak bolak-balik di sekitar titik kesesimbangannya.



Kegiatan 5.2

Kolom Diskusi

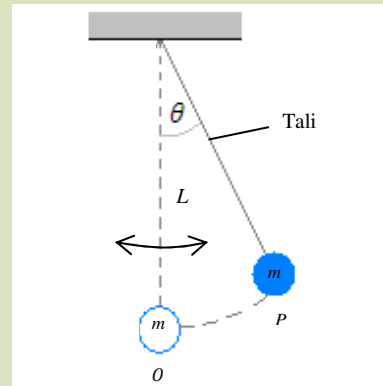
Buatlah kelompok diskusi yang terdiri dari 5 orang! Diskusikan dan temukan dengan kelompokmu tentang gaya pemulih yang bekerja pada beberapa masalah gerak harmonik sederhana berikut ini!

1. Bandul Sederhana

Sebuah bandul sederhana berupa benda bermassa m dan tali sepanjang L . Bila diberi simpangan kecil ($\theta < 10^\circ$) kemudian dilepaskan, akan bergerak bolak-balik di sekitar titik keseimbangan O (Gambar 5.3). Massa tali diabaikan dan saat mengalami ayunan tali tidak bertambah panjang atau mengalami deformasi.

Tugas:

- Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda m di titik P .
- Ketika benda m dilepaskan dari titik P , benda tersebut akan bergerak menempuh PO . Temukanlah komponen gaya apa saja yang berlawanan dengan arah OP . Gaya inilah yang berfungsi sebagai gaya pemulih pada benda m . Jadi gaya pemulih $\vec{F} = \dots$



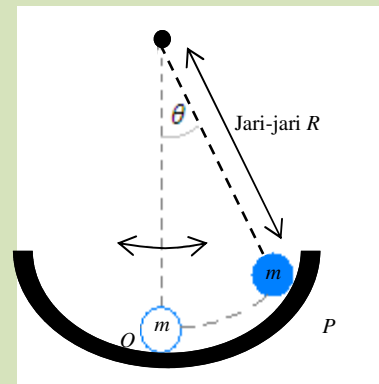
Gambar 5.3 Sebuah bandul sederhana berupa benda bermassa m

2. Partikel pada Dasar Silinder

Sebuah bola kecil terletak pada dasar sebuah silinder berongga. Silinder berjari-jari R dan koefisien gesekan silinder μ_s . Bila bola diberi simpangan kecil ($\theta < 10^\circ$) kemudian dilepaskan, maka bola akan meluncur bolak-balik di sekitar titik keseimbangan O (Gambar 5.4).

Tugas:

- Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada bola di titik P .
- Ketika bola dilepaskan dari titik P , bola tersebut akan bergerak menempuh PO . Temukanlah komponen gaya apa saja yang berlawanan dengan arah OP . Gaya inilah yang berfungsi sebagai gaya pemulih pada bola. Jadi gaya pemulih $\vec{F} = \dots$



Gambar 5.4 Sebuah bola kecil terletak di dasar sebuah silinder berongga

Setelah selesai, mintalah kepada bapak/ibu guru menunjuk salah satu kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi di depan kelas. Kumpulkan hasil pekerjaan kalian di meja guru!

5

Jurnal Belajar

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari gerak harmonik sederhana karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

Gerak Harmonik Sederhana pada Kepakan Sayap

Sekilas Info
Fisika



Pernahkan melihat lebah terbang? Ketika lebah terbang akan terdengar bunyi seperti mendengung. Seekor lebah dapat terbang dengan kecepatan 65 km/jam dan bisa menempuh jarak 46 km non stop. Bila sedang membawa nektar, kecepatannya tinggal 30 km/jam dengan frekuensi getaran sayap 250 kali per detik.

Hal itulah yang menyebabkan saat lebah terbang terdengar bunyi seperti mendengung. Gerakan sayap tersebut diatur oleh otot-otot dada. Jika otot menjulur ke bawah, sayap membentang ke atas, dan jika otot ditarik ke bawah, sayap menurun.



Gambar 5.5 Lebah madu

Kemampuan terbang tidak hanya dimiliki oleh lebah tetapi juga burung. Perhatikan kembali gerakan sayap saat terbang! Termasuk gerak apakah gerakan tersebut? Gerakan sayap saat terbang merupakan gerak harmonik. Ketika burung mengepakkan sayap ke bawah, burung menekan udara ke bawah, akibatnya udara akan menekan balik dan mendorong burung ke atas (hukum aksi-reaksi). Semakin cepat kepakkan sayap, semakin besar gaya ke atasnya. Itu sebabnya burung merpati yang hendak terbang akan mengepakkan sayapnya secara cepat.



Gambar 5.6 Burung Hummingbirds burung dengan kepakkan sayap tercepat

Burung hummingbirds merupakan burung dengan kepakkan sayap tercepat. Dalam satu detik kepakkan sayap hummingbirds dapat mencapai 200 siklus dan dapat mencapai kecepatan 50 mil per jam. Otot sayap yang diperlukan untuk sistem penerbangan ini mencapai 40% berat total burung ini. Paruhnya yang panjang dan kurus didesain untuk makan sari bunga. Lidahnya memiliki dua lekukan yang ia pakai untuk menyimpan sari tersebut. Lidah itu dapat keluar masuk dengan kecepatan 13 kali per detik, dan disimpan dengan cara menggulungnya ke belakang kepala burung. Lidah ini juga bergerigi sehingga ia dapat menyapu serangga dari dalam bunga.

6. Periode dan Frekuensi Gerak Harmonik Sederhana



Gambar 6.1 Jam Atom Cesium
<http://id.wikipedia.org>

Jam atom adalah jenis jam yang menggunakan standar frekuensi resonansi atom sebagai penghitungnya. Sejak tahun 1967, Sistem Satuan Internasional (SI) telah mendefinisikan detik sebagai 9.192.631.770 getaran dari radiasi yang berhubungan dengan transisi antara dua tingkat energi atom Caesium-133. Definisi ini membuat osilator caesium (yang sering disebut jam atom) sebagai standard utama untuk waktu dan pengukuran frekuensi.

Indikator:

Menjelaskan hubungan antara periode getaran dengan massa beban berdasarkan data pengamatan

Tujuan Pembelajaran:

1. Siswa dapat memberi contoh periode dan frekuensi suatu getaran.
2. Siswa dapat mengetahui perbedaan periode dan frekuensi.
3. Siswa dapat mengetahui perbandingan periode dan frekuensi berbagai permasalahan gerak harmonik.
4. Siswa dapat mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan untuk menentukan hubungan massa beban dengan periode beserta dengan alasannya.
5. Siswa dapat memprediksi jawaban sementara dari penentuan hubungan massa beban dengan periode sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut.
6. Siswa dapat mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah yang meliputi periode dan frekuensi.
7. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan.
8. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah.
9. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan.
10. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari.

Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Kinematika Gerak dengan Analisis Vektor.
 - b. Gerak Melingkar Beraturan.
 - c. Hukum II Newton.
 - d. Hukum Hooke.
 - e. Getaran
2. Alat dan bahan yang diperlukan dalam melaksanakan kegiatan menentukan hubungan massa beban dengan periode harus dipersiapkan. Persiapkan berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian mempelajari persamaan gerak harmonik dan energi gerak harmonik.
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 2 kali pertemuan (4 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 4 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat segera melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

Di SMP kelas VIII kalian sudah pernah mempelajari tentang getaran dan gelombang. Komponen terpenting dalam getaran adalah periode dan frekuensi. Berikut ini kita akan mempelajari periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana, kemudian kalian bandingkan dengan periode dan frekuensi yang telah kalian pelajari pada waktu SMP apakah sama atau ada yang berbeda. Sebagaimana dulu pernah kalian pelajari bahwa periode merupakan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali gerakan bolak-balik (satu getaran). Sedangkan frekuensi merupakan jumlah getaran yang terjadi tiap detik. Untuk lebih jelasnya baca uraian materi berikut ini.

a Periode dan Frekuensi Sistem Pegas

Gerak harmonik sederhana terjadi karena adanya gaya pemulih ($\vec{F} = -k\vec{x}$). Menurut hukum II Newton gaya total yang terjadi pada benda yang sedang bergerak adalah $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Periode dan frekuensi sistem pegas dapat diperoleh dengan mensubstitusikan gaya pemulih pegas dengan hukum II Newton sebagai berikut:

$$\sum \vec{F} = -k\vec{x}$$

$$m\vec{a} = -k\vec{x}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (6.1)$$

Solusi untuk persamaan di atas adalah: $x = A \sin(\omega t + \theta_0)$

Substitusi persamaan (6.1) dengan nilai $x = A \sin(\omega t + \theta_0)$ sebagai berikut:

$$\frac{d^2}{dt^2} A \sin(\omega t + \theta_0) + \frac{k}{m} A \sin(\omega t + \theta_0) = 0$$

$$\omega \frac{d}{dt} A \cos(\omega t + \theta_0) + \frac{k}{m} A \sin(\omega t + \theta_0) = 0$$

$$-\omega^2 A \sin(\omega t + \theta_0) = -\frac{k}{m} A \sin(\omega t + \theta_0)$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad \text{dan} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6.2)$$

ω merupakan frekuensi sudut dengan satuan rad/s. Periode gerak harmonik sederhana merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali putaran penuh (2π). Sehingga $T\omega = 2\pi$, maka:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (\text{sekon}) \quad (6.3)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{Hz}) \quad (6.4)$$

Berdasarkan persamaan (6.3) dan (6.4) dapat disimpulkan bahwa periode dan frekuensi sistem massa pegas hanya bergantung pada massa dan konstanta gaya pegas.



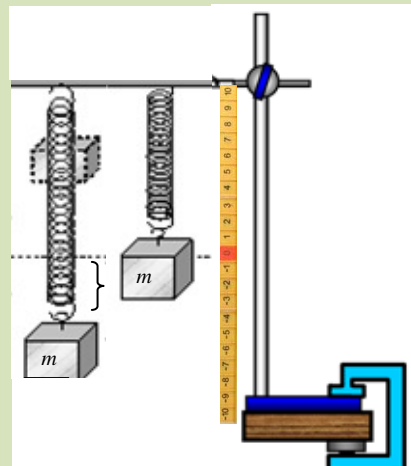
Kegiatan 6.1

Eksperimen Einstein

Praktikum 5 Periode dan Frekuensi Sistem Pegas

Praktikum 5 ini sedikit mirip dengan praktikum 3 tentang hukum Hooke dan praktikum 4 tentang susunan pegas.

- I. Tujuan:
 - menentukan hubungan antara periode pegas dan massa beban.
- II. Alat dan Bahan:
 - a. Pegas
 - b. Beban (20 g, 30 g, 40 g, 50 g, dan 60 g)
 - c. Statif dan mistar
- III. Langkah Kerja:
 1. Susun alat dan bahan seperti pada gambar.
 2. Gantungkan beban 20 g pada ujung pegas.
 3. Tarik beban untuk mendapatkan simpangan $A = 5$ cm.



Gambar 6.2 Susunan alat praktikum periode dan frekuensi sistem pegas

4. Nyalakan *stopwatch* bersamaan dengan dilepaskannya tarikan beban.
5. Ukur waktu yang ditempuh oleh beban dan pegas selama melakukan gerak harmonik hingga 10 kali getaran.
6. Ulangi langkah 2 - 5 dengan beban yang berbeda massanya (30, 40, 50, dan 60 gram).
7. Ulangi langkah 1 - 6 dengan variasi simpangan mulai dari 3 cm, 4 cm, 5 cm, dan 6 cm untuk beban bermassa 60 gram.

IV. Tugas:

1. Diskusikan dalam kelompok tentang langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam melakukan penyelidikan dan mengapa melakukan langkah-langkah tersebut?
2. Prediksilah jawaban sementara sebelum melakukan penyelidikan lebih lanjut!
3. Lakukan praktikum secara berurutan sesuai dengan langkah-langkah yang telah kalian rencanakan mulai dari persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi dan pembuatan laporan praktikum!
4. Jawaban yang diperoleh dari hasil penyelidikan harus dicek kembali, identifikasilah kesalahan yang mungkin terjadi, kemudian perbaiki kesalahan yang terjadi!
5. Buatlah tabel hasil pengamatan:
 - a. Tabel hasil pengamatan variasi massa yang terdiri dari kolom beban/massa, waktu t (hasil pengukuran 10 kali getaran), periode T , dan T^2 .
 - b. Tabel hasil pengamatan variasi simpangan yang terdiri dari kolom amplitudo A , waktu t (hasil pengukuran 10 kali getaran), Periode T .
6. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
 - a. Perhatikan tabel variasi simpangan secara seksama. Apakah periode pegas dipengaruhi oleh amplitudo?
 - b. Perhatikan tabel variasi massa secara seksama. Ketika beban diperbesar, apa yang terjadi dengan periode getaran? Bagaimana hubungan antara periode T dengan massa m yang kalian peroleh dari hasil praktikum?
 - c. Berapakah frekuensi getaran pegas pada masing-masing benda m ?
7. Susunlah laporan praktikum dan kumpulkan kepada bapak/ibu guru kalian! Format laporan praktikum tersedia di bagian akhir modul.

b Periode dan Frekuensi Bandul Sederhana

Sebuah bandul sederhana terdiri atas sebuah beban bermassa m yang digantung pada ujung tali ringan (massanya dapat diabaikan) yang panjangnya l , percepatan gravitasi g . Jika beban ditarik ke satu sisi dan dilepaskan, maka beban berayun melalui titik keseimbangan menuju ke sisi yang lain. Jika sudut ayunan kecil dan saat berayun panjang tali tidak berubah, maka bandul melakukan gerak harmonik sederhana.

Gaya yang bekerja pada beban adalah beratnya mg dan tegangan T pada tali. Tali membentuk sudut θ terhadap vertikal, berat memiliki komponen $mg \cos \theta$ sepanjang tali dan $mg \sin \theta$ tegak lurus tali dalam arah bekurangngnya x . x merupakan panjang busur diukur dari dasar lingkaran sebesar:

$$x = L\theta$$

Komponen tangensial percepatan benda adalah d^2x/dt^2 . Komponen tangensial hukum kedua Newton adalah

$$\sum \vec{F}_t = -mg \sin \theta = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

atau

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g \sin \theta = -g \sin \frac{x}{L} \quad (6.5)$$

Jika x jauh lebih kecil dibandingkan x/L , sudut $\theta = x/L$ adalah kecil, sehingga $\sin \theta$ mendekati θ . $\sin \left(\frac{x}{L}\right) \approx \frac{x}{L}$ disubstitusika dalam persamaan (6.5), kita peroleh:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{g}{L}x \quad (6.6)$$

dengan frekuensi sudut getaran (rad/s) adalah

$$\omega_0^2 = \frac{g}{L} \quad \text{dan} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (6.7)$$

Penyelesaian persamaan di atas adalah $x = x_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$, dengan x_0 adalah simpangan maksimum diukur sepanjang busur lingkaran. Periode dan frekuensi bandul sederhana dapat dihitung dengan: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

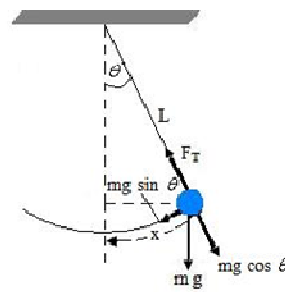
Sehingga periode gerak harmonik sederhana dirumuskan sebagai:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (6.8)$$

Frekuensi gerak harmonik f_0 (Hz) pada bandul sederhana adalah:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (6.9)$$

Kesimpulan apa yang dapat kalian ambil dari persamaan (6.8) dan (6.9)?



Gambar 6.3 Gaya yang bekerja pada bandul sederhana

1. Jika massa beban yang digantung pada ujung bawah pegas 1 kg, maka periode getarannya 3 sekon. Jika massa beban dilipatkan menjadi 4 kg, maka tentukan periode getarannya!

Diketahui: $m_1 = 1 \text{ kg}$

$$T_1 = 3 \text{ s}$$

$$T_2 = 4 \text{ kg}$$

Ditanyakan: $T_2 = \dots?$

Jawab: Hubungan periode pegas T , massa beban m dinyatakan dengan persamaan (6.4)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{Sehingga: } \frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{\frac{m_2}{k}}}{\sqrt{\frac{m_1}{k}}} \Rightarrow T_2 = T_1\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

$$T_2 = 3\sqrt{\frac{4}{1}} = 6 \text{ s}$$

Jadi, periode getaran ketika massa diganti menjadi 4 kg adalah 6 sekon.

2. Sebuah ayunan bandul sederhana memiliki panjang tali 64 cm, massa beban 0,1 kg. Saat beban diberi simpangan 10 cm dan dilepaskan, terjadi getaran selaras ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Hitunglah periode ayunan dan kecepatan maksimum benda tersebut!

Diketahui: $l = 64 \text{ cm} = 0,64 \text{ m}$

$$m = 0,1 \text{ kg}$$

$$A = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

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

Ditanyakan: $T = \dots?$

Jawab: Hubungan periode pegas T dan panjang tali l dinyatakan dengan persamaan (6.7)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{0,64}{10}}$$

$$= 2\pi \times 0,8\sqrt{\frac{1}{10}}$$

$$= 2\pi \times 0,8 \times \frac{1}{10}\sqrt{10}$$

$$= 0,16\pi\sqrt{10} \text{ s}$$



Kegiatan 6.2

Mari Berlatih

1. Apakah yang kalian ketahui tentang periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana?
2. Jelaskan perbedaan periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana!
3. Sebuah pegas memiliki konstanta gaya k 8 N/m. Berapakah massa benda yang harus digantung pada pegas supaya periodenya 1 sekon? ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$ dan ambil $\pi^2 = 9,8$)
4. Sebuah pegas yang panjangnya 20 cm digantungkan vertikal. Kemudian ujung bawahnya diberi beban 200 gram sehingga panjangnya bertambah 10 cm. Beban ditarik 5 cm ke bawah kemudian dilepas hingga beban bergetar harmonik. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka hitunglah frekuensi getarannya!
5. Per sebuah mobil bergetar ke atas ke bawah dengan periode $\sqrt{2}$ detik ketika ban mobil melewati suatu halangan. Massa mobil dan pengemudi adalah 300 kg. Jika pengemudi menaikkan beberapa temannya, sehingga massa mobil dan penumpang menjadi 600 kg, maka tentukan periode baru getaran per ketika melewati halangan tersebut!

Kita dapat mengamati gerak harmonik sederhana pada garpu tala. Jika salah satu ujung diketukkan, akan terjadi getaran harmonis berfrekuensi tetap yang merupakan nada dasar garpu penala itu. Makin kecil massa m pada gigi garpu tala, makin tinggi frekuensi getaran dan makin tinggi pola titinada dari bunyi yang dihasilkan garpu tala. Salah satu pemanfaatan garpu tala adalah pada pemeriksaan THT untuk mendeteksi gangguan pendengaran.



Ayo cari tahu... !

Ada beberapa buku yang dapat dijadikan referensi untuk membantu kalian dalam belajar.

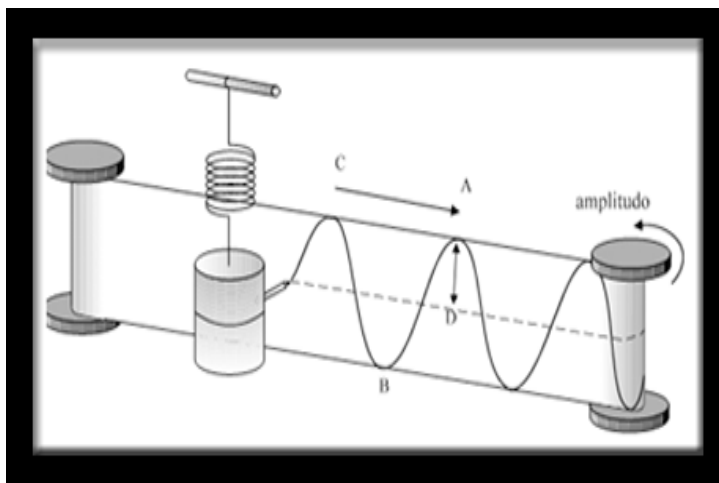
1. Budi Purwanto. (2007). *Fisika Dasar 2 Teori dan Implementasinya*. Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
2. Djoko Nugroho. (2009). *Mandiri Mengasah Kemampuan Diri Fisika Seri Buku Soal*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
3. Marthen Kanginan. (2010). *Physics for Senior High School 1st Semester Grade XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
4. Supiyanto. (2006). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI Jilid 2*. Jakarta: PT. Phibeta Aneka Gama.

6

Jurnal Belajar

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

7. Persamaan Gerak Harmonik Sederhana



Gambar 7.1 Gerak harmonik sederhana sistem pegas
<http://lfd.fmipa.itb.ac.id>

Gerakan bandul pegas dari posisi netral ke batas atas dan kembali lagi ke posisi netral dan dilanjutkan ke batas bawah, dan kembali lagi ke posisi netral digambarkan sebagai fungsi waktu.

Indikator:

Menganalisis gaya pemulih, simpangan, kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial dan energi mekanik pada gerak getaran

Tujuan Pembelajaran:

1. Siswa dapat memberi contoh persamaan gerak harmonik
2. Siswa dapat mengetahui perbedaan simpangan, kecepatan, dan percepatan getaran
3. Siswa dapat mengetahui dan mengurutkan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah yang meliputi persamaan getaran harmonik dan energi getaran harmonik
4. Siswa dapat mengecek jawaban dari hasil penyelesaian masalah yang dilakukan
5. Siswa dapat memperbaiki kesalahan pada proses penyelesaian masalah
6. Siswa dapat menilai pencapaian tujuan
7. Siswa dapat membuat kesimpulan materi yang telah dipelajari

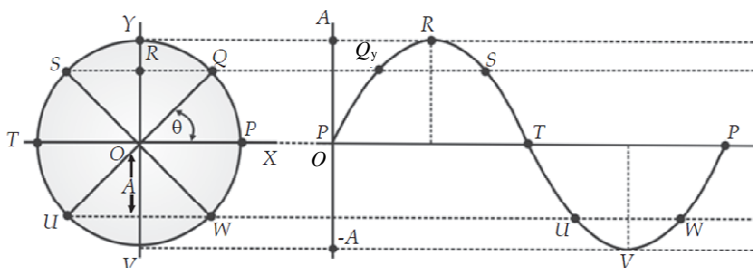
Rencana belajar:

1. Pengetahuan awal yang membantu dalam tugas ini adalah:
 - a. Gerak Melingkar Beraturan
 - b. Trigonometri
 - c. Hukum Hooke
 - d. Getaran
 - e. Differensial
2. Persiapkan berbagai sumber dan referensi belajar yang lain agar memperkaya pengetahuan kalian.
3. Dengan membaca, mempelajari dan mengerjakan setiap tugas dan latihan dalam unit kegiatan belajar ini akan membantu kalian mempelajari materi gelombang di kelas XII.
4. Unit kegiatan belajar maksimal ini harus diselesaikan dalam 2 kali pertemuan (4 jam pelajaran) pada kegiatan belajar di kelas atau 4 minggu pada belajar mandiri di rumah. Jika kalian mampu menyelesaikan lebih cepat akan lebih bagus dan dapat segera melanjutkan unit kegiatan belajar selanjutnya.

Suatu benda yang bergerak harmonik sederhana seperti gerak harmonik pada sistem pegas dan bandul sederhana pada unit kegiatan belajar 6 jika digambarkan sebagai fungsi waktu akan berbentuk gelombang sinusoidal. Persamaan gerak harmonik diperoleh dengan memproyeksikan gerak melingkar terhadap sumbu untuk titik yang bergerak beraturan.

a Simpangan Gerak Harmonik Sederhana

Simpangan gerak harmonik sederhana dapat dianggap sebagai proyeksi partikel yang bergerak melingkar beraturan pada diameter lingkaran. Gambar 7.2 melukiskan sebuah partikel yang bergerak melingkar beraturan dengan kecepatan sudut ω dan jari-jari A . Anggap mula-mula partikel berada di titik P .



Gambar 7.2 Proyeksi gerak melingkar beraturan terhadap sumbu Y merupakan getaran harmonik sederhana

Perhatikan Gambar 7.2! Setelah selang waktu t partikel berada di titik Q dan sudut fase yang ditempuh adalah:

$$\theta = \omega t = \frac{2\pi t}{T} \quad (7.1)$$

Proyeksi titik Q terhadap diameter lingkaran (sumbu Y) adalah titik Q_y . Jika garis OQ_y disebut y yang merupakan simpangan gerak harmonik sederhana, maka didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$y = A \sin \theta = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi t}{T} \quad (7.2)$$

Besar sudut dalam fungsi sinus (7.2) disebut *sudut fase*. Jika partikel mula-mula berada pada posisi sudut θ_0 , maka secara umum persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y = A \sin \theta = A \sin(\omega t + \theta_0) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \theta_0\right) \quad (7.3)$$

Jika simpangan maksimum, maka $\sin(\omega t + \theta_0) = 90^\circ = 1$, maka

$$y_{maks} = A \quad (7.4)$$

Besar sudut dalam fungsi sinus, yaitu θ disebut *sudut fase*. Jadi sudut fase gerak harmonik adalah:

$$\theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right) = 2\pi\varphi \quad (7.5)$$

Persamaan (7.5) dapat juga kita tulis menjadi $\theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right) = 2\pi\varphi$ dimana φ disebut *fase*. Jadi, fase gerak harmonis adalah

$$\varphi = \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right) \quad (7.6)$$

Apabila sebuah benda bergerak harmonis mulai dari $t = t_1$ hingga $t = t_2$, maka *beda fase* benda tersebut adalah

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{\Delta t}{T} \quad (7.7)$$

Beda fase dalam gerak harmonik dinyatakan dengan nilai mulai dari *nol* sampai dengan *tak terhingga*. Tetapi, bilangan bulat dalam beda fase dapat dihilangkan, misalnya beda fase $2\frac{1}{4}$ ditulis sebagai beda fase $\frac{1}{4}$.

Dua kedudukan dikatakan *sefase* apabila beda fasenya *nol*, dan disebut *berlawanan fase* apabila beda fasenya *setengah*.

Secara matematis dapat dituliskan bahwa:

Keadaan sefase:

$$\Delta\varphi = 0, 1, 2, 3, 4, \dots \text{ atau } \Delta\varphi = n \quad (7.8)$$

Keadaan berlawanan fase dengan keadaan awal:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{2}, 1\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2}, 3\frac{1}{2}, \dots \text{ atau } \Delta\varphi = n + \frac{1}{2} \quad (7.9)$$

dengan n adalah bilangan cacah, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

b Kecepatan Gerak Harmonik Sederhana

Kecepatan benda yang bergerak harmonik sederhana dapat diperoleh dari turunan pertama persamaan simpangan:

$$\begin{aligned} \vec{v}_y &= \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}[A \sin(\omega t + \theta_0)] \\ \vec{v} &= \omega A \cos(\omega t + \theta_0) \end{aligned} \quad (7.10)$$

Mengingat nilai maksimum dari fungsi cosinus adalah satu, maka kecepatan maksimum ($\vec{v}_{\text{maks}}$) gerak harmonik sederhana adalah

$$\vec{v}_{\text{maks}} = \omega A \quad (7.11)$$

Berdasarkan hubungan trigonometri

$$\cos^2(\omega t + \theta_0) + \sin^2(\omega t + \theta_0) = 1$$

maka diperoleh

$$\cos(\omega t + \theta_0) = \sqrt{1 - \sin^2(\omega t + \theta_0)}$$

Jika nilai ini kita masukkan persamaan (7.10), diperoleh

$$\begin{aligned} \vec{v}_y &= \omega A \sqrt{1 - \sin^2(\omega t + \theta_0)} \\ \vec{v}_y &= \omega \sqrt{A^2 - A^2 \sin^2(\omega t + \theta_0)} \end{aligned}$$

Mengingat $A \sin(\omega t + \theta_0) = y$, maka diperoleh

$$\vec{v}_y = \omega \sqrt{A^2 - y^2} \quad (7.12)$$

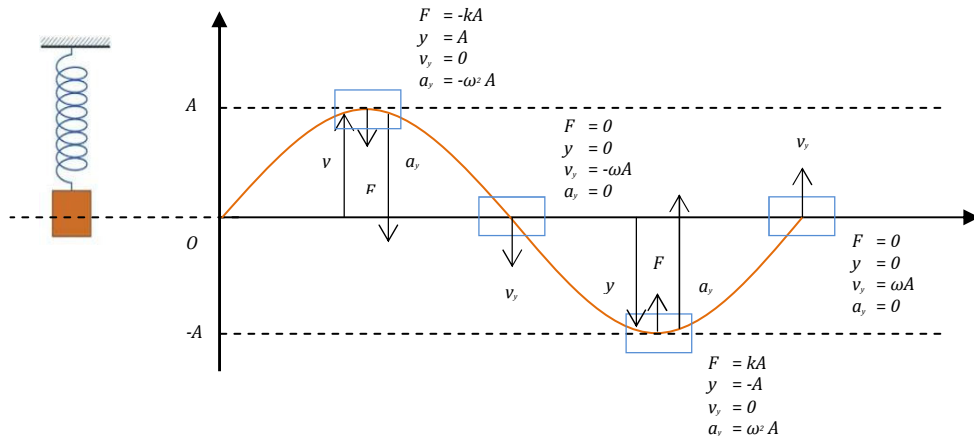
c Percepatan Gerak Harmonik Sederhana

Percepatan benda yang bergerak harmonik sederhana dapat diperoleh dari turunan pertama persamaan kecepatan atau turunan kedua persamaan simpangan.

$$\begin{aligned} \vec{a}_y &= \frac{dv_y}{dt} = \frac{d}{dt}[\omega A \cos(\omega t + \theta_0)] \\ \vec{a}_y &= -\omega^2 A \sin(\omega t + \theta_0) = -\omega^2 y \end{aligned} \quad (7.13)$$

Karena nilai maksimum dari simpangan adalah sama dengan amplitudo, yaitu $y = A$, maka percepatan maksimum $\vec{a}_{\text{maks}}$ gerak harmonik sederhana adalah

$$\vec{a}_{\text{maks}} = -\omega^2 A \quad (7.14)$$



Gambar 7.3 Kedudukan gerak harmonik pada saat gaya pemulih, simpangan, kecepatan, dan percepatannya maksimum dan minimum

Tanda minus pada persamaan (7.14) menyatakan bahwa arah percepatan selalu berlawanan arah dengan simpangan. Gambar 7.3 menggambarkan kedudukan-kedudukan gerak harmonik sederhana saat gaya pemulih $\vec{F}$, simpangan y , kecepatan $\vec{v}_y$, percepatan $\vec{a}_y$ memiliki nilai maksimum dan minimum.

Pada gambar 7.3 gaya $\vec{F} = -k\vec{A}$ adalah satu-satunya gaya yang bekerja pada benda m , sedangkan menurut hukum II Newton, $\vec{F} = m\vec{a}$, sehingga:

$$\begin{aligned} ma &= -kA \\ ma + kA &= 0 \end{aligned} \quad (7.15)$$

Kita substitusikan persamaan (7.14) ke dalam persamaan (7.15) sehingga menjadi:

$$\begin{aligned} m(-\omega^2 A) + kA &= 0 \\ m\omega^2 A &= kA \quad \Rightarrow \quad \omega^2 = \frac{k}{m} \end{aligned} \quad (7.16)$$

Dari persamaan (7.16) kita dapatkan frekuensi sudut gerak harmonik sebagai:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (7.17)$$

Periode gerak harmonik sederhana benda pada ujung pegas yang mendatar seperti yang sudah dijelaskan pada unit kegiatan pembelajaran 6 adalah:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

Sehingga:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (7.18)$$



Kegiatan 7.1

Kolom Diskusi

Buatlah kelompok diskusi yang terdiri dari 5 orang! (jika memungkinkan seperti kelompok diskusi pada Kegiatan 5.2). Diskusikan dan temukan dengan kelompokmu tentang periode pada beberapa masalah gerak harmonik sederhana berikut ini!

1. Dari Kegiatan 5.2 kalian telah menemukan gaya pemulih untuk benda m yang bergerak harmonik sederhana, yaitu $F = \dots$

Jika gaya pemulih tersebut kalian samakan dengan gaya sentripetal seperti pada penjelasan pada unit kegiatan belajar 6 dan besar $\vec{a} = -\omega^2 \vec{x}$ maka diperoleh:

Frekuensi sudut

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Periode

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

2. Lakukan prosedur yang sama seperti langkah no. 1, maka untuk masalah gerak harmonik sederhana sebuah partikel pada dasar silinder licin dengan jari-jari R (lihat kembali Kegiatan 5.2). Tentukan besar frekuensi sudut dan periodenya! (untuk sudut θ kecil ($\theta < 10^\circ$) bisa mengambil pendekatan $\sin \theta \approx \theta$ dan $x \approx R\theta$).

Contoh Soal

1. Sebuah benda menempuh gerak harmonik sederhana dengan amplitudo A dan periode T . (persamaan dalam fungsi x)
 - a. Berapakah waktu minimum yang diperlukan benda agar simpangannya sama dengan setengah amplitudonya?
 - b. Berapakah simpangannya ketika kecepatannya setengah dari kecepatan maksimumnya?

Diketahui : $x = A \sin \theta$ dengan $\theta = \omega t + \theta_0$

Ditanyakan: a. t saat $x = 1/2 A$

b. x saat $v = 1/2 v_{\text{maks}}$

Jawab:

- a. Simpangan = setengah amplitudo, artinya

$$x = A \sin \theta = \frac{1}{2} A$$

$$\sin \theta = \frac{1}{2} = \sin \frac{\pi}{6} \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{6}$$

Karena tidak diketahui, anggap sudut fase $\theta_0 = 0$, maka

$$\theta = \omega t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow \left(2\frac{\pi}{T}\right)t = \frac{\pi}{6}$$

$$t = \frac{\pi}{6} \times \frac{T}{2\pi} = \frac{1}{12} T$$

- b. Kecepatan adalah turunan pertama dari fungsi posisi.

Karena posisi

$$x = A \sin(\omega t + \theta_0), \text{ maka } v = \frac{dx}{dt} = A[\omega \cos(\omega t + \theta_0)]$$

$$v = \omega A \cos(\omega t + \theta_0) \text{ dengan } v_{maks} = \omega A$$

$$\text{diberikan } v = \frac{1}{2} v_{maks}, \text{ maka}$$

$$\omega A \cos(\omega t + \theta_0) = \frac{1}{2} \omega A$$

$$\cos(\omega t + \theta_0) = \frac{1}{2}$$

dari rumus trigonometri $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$, maka

$$\sin(\omega t + \theta_0) = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{3}$$

jadi simpangan x adalah

$$x = A \sin(\omega t + \theta_0)$$

$$x = A \left(\frac{1}{2} \sqrt{3}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{3} A$$

2. Sebuah partikel bergerak harmonik. Persamaan simpangannya dinyatakan sebagai $y = (4 \sin 0,1 t)$ cm, dengan t dalam sekon.

Tentukan:

- amplitudo, periode, dan frekuensi gerak
- persamaan kecepatan dan percepatan
- simpangan, kecepatan, dan percepatan pada $t = 5\pi$ sekon.

Jawab

- a. dengan menyamakan persamaan simpangan dengan persamaan yang diketahui, maka amplitudo, periode, dan frekuensi gerak dapat kalian hitung.

$$y = A \sin(\omega t + \theta_0) \text{ [persamaan (7.4)]}$$

$$y = (4 \sin 0,1 t) \text{ cm [persamaan yang diketahui]}$$

jadi, amplitudo $A = 4$ cm dan $\theta_0 = 0$

$$\omega = 0,1$$

$$\frac{2\pi}{T} = 0,1 \quad \Leftrightarrow \quad T = \frac{2\pi}{0,1} = 20\pi \text{ sekon}$$

$$\text{Frekuensi } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20\pi} = \frac{0,05}{\pi} \text{ Hz}$$

b. Simpangan $y = (A \sin 0,1 t) \text{ cm}$

$$\text{Kecepatan } \vec{v} = \frac{dy}{dt} = 4[0,1 \cos 0,1 t] \text{ cm/s}$$

$$\vec{v} = (0,4 \cos 0,1 t) \text{ cm/s}$$

$$\text{percepatan } \vec{a} = \frac{dv}{dt} = 0,4[-0,1 \sin 0,1 t] \text{ cm/s}^2$$

$$\vec{a} = (-0,04 \sin 0,1 t) \text{ cm/s}^2$$

c. $t = 5\pi \text{ sekon}$

sudut $\theta = 0,1 t = (0,1)(5\pi) = 0,5\pi \text{ rad} = 90^\circ$

simpangan $y = 4 \sin 0,1 t = 4 \sin 90^\circ = 4 \text{ cm}$

kecepatan $v = 0,4 \cos 0,1 t = 0,4 \cos 90^\circ = 4 \text{ cm/s}$

percepatan $a = -0,04 \sin 0,1 t = -0,04 \sin 90^\circ = -0,04 \text{ cm/s}^2$



Kegiatan 7.2

Mari Berlatih

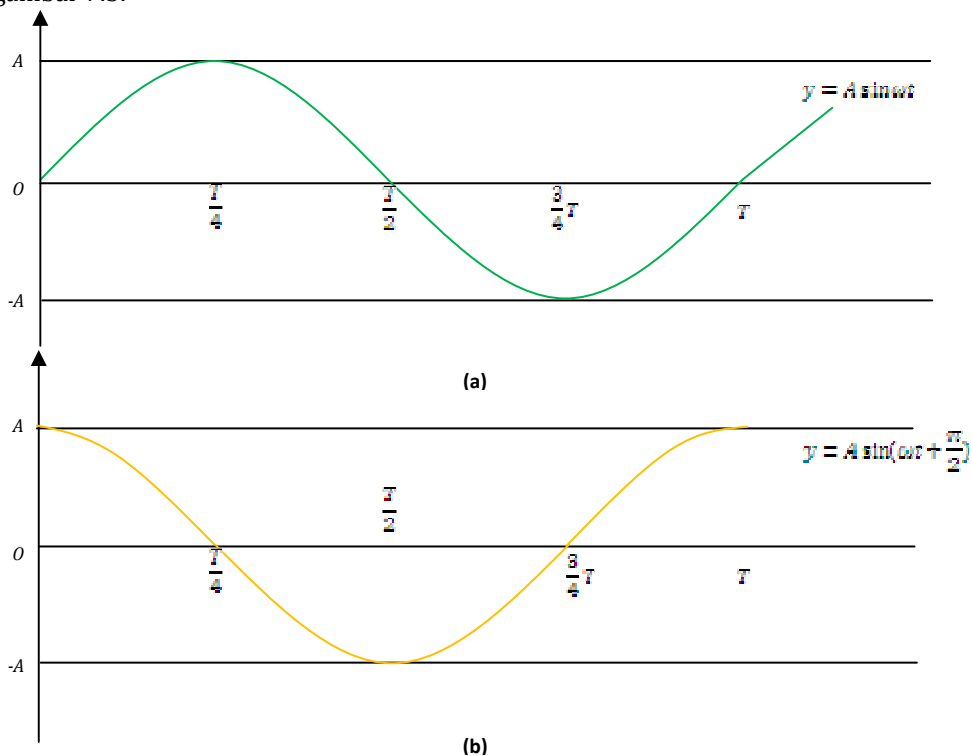
- Sebuah benda melakukan gerak harmonik sederhana yang memenuhi persamaan $y = 6 \sin (0,5\pi t + \pi/6)$ dengan y dalam meter dan t dalam sekon.
Tentukan:
 - amplitudo, frekuensi, dan periode gerak
 - persamaan kecepatan dan percepatan
 - simpangan, kecepatan, dan percepatan benda pada $t = 5$ sekon.
- Dua buah benda melakukan gerak harmonik sederhana pada satu garis lurus. Kedua benda mula-mula bergerak dari titik keseimbangan pada saat dan arah yang sama. Periode masing-masing benda adalah $1/7 \text{ s}$ dan $1/5 \text{ s}$.
 - Hitunglah sudut fase kedua benda setelah bergerak selama $1/2$ sekon!
 - Kapan fase kedua benda berlawanan?
 - Kapan fase kedua benda sama?

d Superposisi Gerak Harmonik

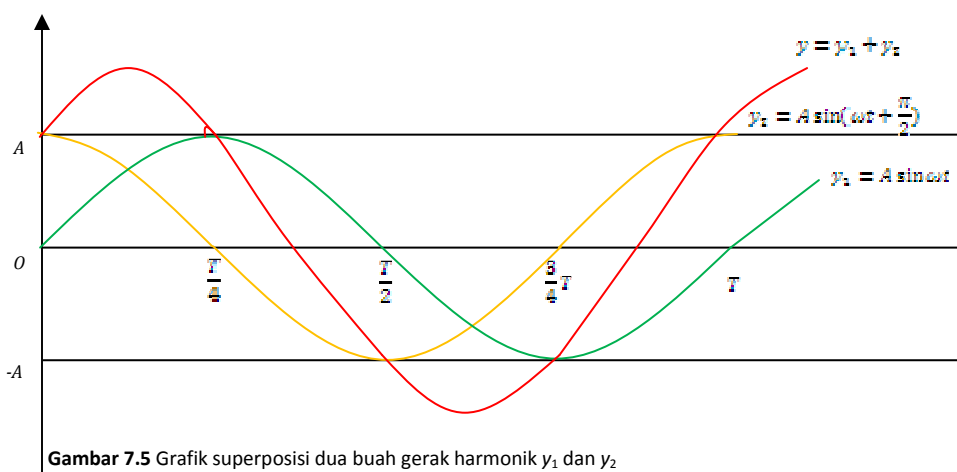
Pernahkah kalian mendengar istilah superposisi gerak harmonik? Superposisi adalah penggabungan dua gerak harmonik. Superposisi dua buah gerak harmonik dapat dilakukan dengan cara menjumlahkan simpangan gerak harmonik tersebut dalam waktu yang bersesuaian. Pembahasan ini akan dibatasi pada superposisi gerak harmonik yang segaris.

1. Superposisi secara Grafik

Tinjau dua buah gerak harmonik yang memiliki amplitudo sama dan frekuensi sama, tetapi berbeda sudut fase $\pi/2$ atau berbeda fase $1/4$ seperti tampak pada gambar 7.4a dan 7.4b. Superposisi dua gerak harmonik tersebut merupakan penjumlahan aljabar simpangan-simpangannya seperti tampak pada gambar 7.5.



Gambar 7.4 (a) dan (b) Grafik simpangan sebagai fungsi waktu dari dua gerak harmonik yang memiliki amplitudo dan frekuensi sama, tetapi berbeda fase $\pi/2$



Gambar 7.5 Grafik superposisi dua buah gerak harmonik y_1 dan y_2

2. Superposisi secara Matematis

Tinjau dua buah gerak harmonik sederhana yang memiliki amplitudo sama, sudut fase awal sama dengan nol, arah gerak segaris, tetapi frekuensinya berbeda.

$$y_1 = A \sin \omega_1 t$$

$$y_2 = A \sin \omega_2 t$$

Superposisi kedua gerak harmonik tersebut adalah

$$y = y_1 + y_2 = A \sin \omega_1 t + A \sin \omega_2 t$$

Mengingat hubungan trigonometri

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

Maka diperoleh

$$y = 2A \sin \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t \cos \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t \quad (7.19)$$

Contoh 1

Dua buah gerak harmonik sederhana memiliki persamaan simpangan yang masing-masing adalah:

$$y_1 = 2 \sin \pi t$$

$$y_2 = 2 \sin 0,5\pi t$$

Dengan y dalam sentimeter dan t dalam sekon.

- Tentukan persamaan simpangan dari superposisi kedua gerak harmonik tersebut
- Tentukan besarnya simpangan hasil superposisi setelah bergerak 1 sekon.

Jawab:

$$\text{a. } y = y_1 + y_2$$

$$y = 2A \sin \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t \cos \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t$$

$$y = 2(2) \sin \frac{1}{2}(\pi + 0,5\pi)t \cos \frac{1}{2}(\pi - 0,5\pi)t$$

$$y = (4 \sin \frac{3}{4}\pi t \cos \frac{1}{4}\pi t) \text{ cm}$$

$$\text{b. } t = 1 \text{ sekon}$$

$$y = (4 \sin \frac{3}{4}\pi t \cos \frac{1}{4}\pi t) \text{ cm}$$

$$y = 4 \sin \frac{3}{4}\pi(1) \cos \frac{1}{4}\pi(1)$$

$$y = 4 \sin \frac{3}{4}\pi \cos \frac{1}{4}\pi = 4 \left(\frac{1}{2}\sqrt{2}\right) \left(\frac{1}{2}\sqrt{2}\right) = 2 \text{ cm}$$

e Energi Gerak Harmonik Sederhana

Di SMP kalian telah mempelajari tentang energi. Energi sendiri terdiri dari bermacam-macam jenisnya antara lain energi potensial dan kinetik. Seperti yang telah kalian pelajari bahwa benda yang bergerak memiliki energi potensial dan energi kinetik. Jumlah kedua energi ini disebut energi mekanik. Benda yang bergerak harmonik pun juga memiliki energi potensial dan kinetik. Pada unit kegiatan belajar sebelumnya telah kalian pelajari tentang energi pada sistem pegas. Cobalah kalian mereview kembali materi tersebut. Setelah selesai mereview kembali, kita beralih menuju materi selanjutnya.

Kita coba mengingat energi potensial elastis yang dimiliki oleh sebuah pegas yang disimpangkan sejauh y adalah

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

Mengingat bahwa $\omega^2 = \frac{k}{m}$ sehingga $k = m\omega^2$, maka diperoleh

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}m\omega^2y^2 \quad (7.20)$$

dan $y = A \sin \omega t$ sehingga persamaan (7.20) menjadi

$$E_p = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t \quad (7.21)$$

Jika simpangan maksimum maka $y = A$, sehingga persamaan (7.21) menjadi

$$E_p = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 \quad \text{atau} \quad E_p = \frac{1}{2}kA^2 \quad (7.22)$$

Energi kinetik benda bermassa m dan memiliki kecepatan v adalah

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

Pada gerak harmonik $\vec{v} = \omega A \cos \omega t$

$$E_k = \frac{1}{2}m(\omega A \cos \omega t)^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t = \frac{1}{2}kA^2\cos^2\omega t \quad (7.23)$$

Berdasarkan persamaan (7.12) $\vec{v}_y = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$ maka

$$E_k = \frac{1}{2}k(A^2 - y^2) \quad (7.24)$$

Saat kecepatan maksimum maka $\vec{v}_{maks} = \omega A$

$$E_k = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2}kA^2 \quad (7.25)$$

Oleh karena itu, energi mekanik gerak harmonik adalah

$$E_M = E_p + E_k = \frac{1}{2}ky^2 + \frac{1}{2}k(A^2 - y^2) = \frac{1}{2}kA^2 \quad (7.26)$$

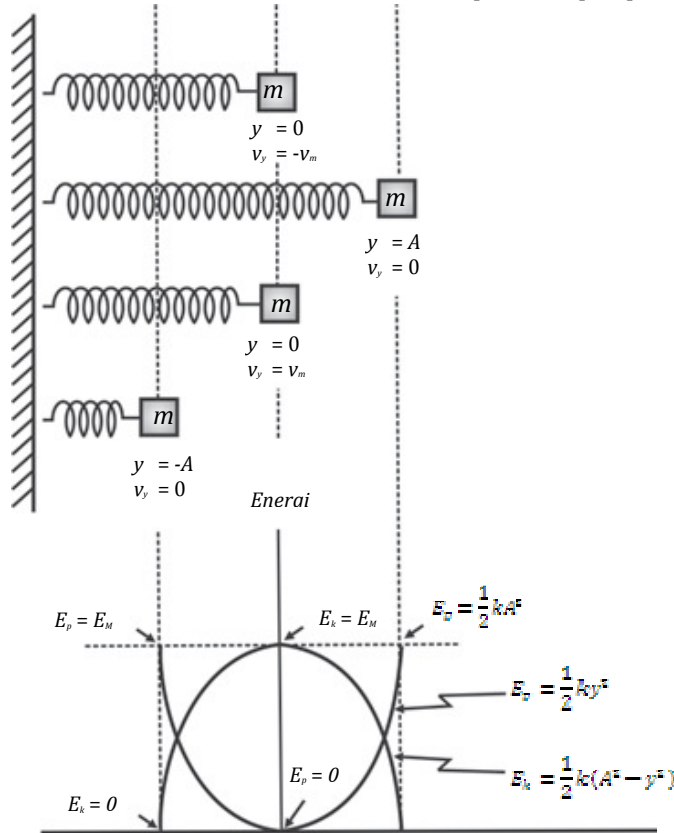
Persamaan (7.26) menyatakan bahwa energi mekanik gerak harmonik adalah konstan (berlaku hukum kekekalan energi mekanik). Berdasarkan persamaan energi gerak harmonik sederhana yaitu,

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

$$E_k = \frac{1}{2}k(A^2 - y^2)$$

$$E_M = \frac{1}{2}kA^2$$

Tampak jelas bahwa setiap perubahan energi potensial selalu diikuti dengan perubahan energi kinetik. Untuk lebih jelasnya perhatikan kedudukan-kedudukan di mana E_p dan E_k bernilai maksimum dan minimum seperti tampak pada gambar 7.6.



Gambar 7.6 Kedudukan gerak harmonik sederhana pada saat E_p dan E_k bernilai maksimum dan minimum

Contoh Soal 1

Persamaan simpangan suatu gerak harmonik sederhana dinyatakan oleh $y = 45 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ dengan y dalam cm dan t dalam sekon.

- Kapan energi potensial sama dengan dua kali energi kinetiknya?
- Di mana posisi partikel pada saat itu?

Diketahui: $y = 45 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$

Ditanyakan: a. t saat $E_p = 2E_k$?
b. y saat t pada soal a

Jawab:

a. $E_p = 2E_k$ maka

$$\frac{1}{2}ky^2 = 2\left[\frac{1}{2}k(A^2 - y^2)\right]$$

$$\frac{1}{2}ky^2 = k(A^2 - y^2)$$

$$\frac{1}{2}y^2 = A^2 - y^2 \Rightarrow \frac{3}{2}y^2 = A^2$$

$$y = \pm \sqrt{\frac{2}{3}} A$$

$$45 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = \pm 45 \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = \sqrt{\frac{2}{3}} = \pm 0,816$$

$$\pi t + \frac{\pi}{6} = 0,3\pi + n\pi \quad \text{atau} \quad 0,7\pi + n\pi$$

$$t_1 = 0,3 - \frac{1}{6} + n \quad t_2 = 0,7 - \frac{1}{6} + n$$

$$t_1 = (0,13 + n) \text{ s} \quad t_2 = (0,53 + n) \text{ s}$$

Dengan n = bilangan cacah

$$\text{b. } y = \pm A \sqrt{\frac{2}{3}} = \pm 45 \sqrt{\frac{2}{3}} = \pm 36,72 \text{ cm}$$

**Kegiatan 7.3***Mari Berlatih*

- Sebuah benda melakukan gerak harmonik sederhana dengan frekuensi 2 Hz dan amplitudo 10 cm. Tentukan kecepatan benda pada saat energi kinetik benda sama dengan sepertiga energi potensialnya!
(Jawab: $v = 0,2\pi \text{ m/s}$)
- Untuk menarik suatu pegas agar bertambah panjang 0,25 m dipergunakan gaya sebesar 18 N. Hitunglah: (a) konstanta gaya pegas, (b) energi potensial pegas.
(Jawab: (a) 72 N/m, (b) 2,25 J)
- Benda yang massanya 400 g bergetar harmonik dengan amplitudo 5 cm dan frekuensi 100 Hz. Hitunglah energi kinetik, energi potensial, dan energi mekaniknya (energi total) saat simpangannya 2,5 cm!
(Jawab: $E_k = 147,894 \text{ J}$, $E_p = 49,298 \text{ J}$, $E_m = 197,192 \text{ J}$)
- Dua buah gelombang masing-masing
 $y_1 = 40\cos(10x - 100t)$
 $y_2 = 30\cos(10x - 100t + 600)$
 Tentukan persamaan gelombang hasil superposisi dari dua gelombang tersebut!

7

Jurnal Belajar

1. Menurut saya materi yang menarik untuk ditindaklanjuti adalah ...
2. Saya masih belum memahami materi ...
3. Hal-hal yang harus saya tingkatkan untuk kegiatan belajar selanjutnya agar lebih baik dari kegiatan belajar saat ini adalah ...
4. Catatan penting yang saya ambil dari buku/referensi lain adalah ...
5. Sangat penting bagi saya untuk mempelajari Persamaan gerak harmonik sederhana karena ...
6. Tujuan belajar yang sudah dapat saya capai pada kegiatan belajar ini adalah
7. Kesimpulan yang dapat saya ambil dari awal sampai akhir kegiatan belajar saya adalah ...
8. Kalau dinilai dari angka 1 sampai 10 nilai saya adalah ...

RINGKASAN MATERI

1. Gerak harmonik adalah gerak periodik yang memiliki persamaan gerak sebagai fungsi waktu berbentuk sinusoidal.
2. Gerak harmonik sederhana didefinisikan sebagai gerak harmonik yang dipengaruhi oleh gaya yang arahnya selalu menuju titik setimbang dan besarnya sebanding dengan simpangannya.
3. Periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana sistem pegas dirumuskan sebagai

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

4. Periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana bandul sederhana dirumuskan sebagai

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

5. Rumus umum gerak harmonik sederhana:

Simpangan:

$$y = A \sin \theta = A \sin(\omega t + \theta_0) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \theta_0\right)$$

Kecepatan:

$$\vec{v}_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} [A \sin(\omega t + \theta_0)]$$

$$\vec{v}_y = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$$

$$\vec{v}_m = \omega A$$

Percepatan:

$$\vec{a}_y = -\omega^2 A \sin(\omega t + \theta_0) = -\omega^2 y$$

$$\vec{a}_m = -\omega^2 A$$

Sudut fase:

$$\theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right) = 2\pi \phi$$

Fase:

$$\varphi = \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right)$$

Beda fase:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{\Delta t}{T}$$

Keadaan sefase:

$$\Delta\varphi = 0, 1, 2, 3, 4, \dots \text{ atau } \Delta\varphi = n$$

Keadaan berlawanan fase:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{2}, 1\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2}, 3\frac{1}{2}, \dots \text{ atau } \Delta\varphi = n + \frac{1}{2}$$

6. Superposisi adalah penggabungan dua gerak harmonik. Superposisi dua buah gerak harmonik dapat dilakukan dengan cara menjumlahkan simpangan gerak harmonik tersebut dalam waktu yang bersesuaian.
7. Superposisi dua gerak harmonik sederhana

$$y_1 = A \sin \omega_1 t \qquad y_2 = A \sin \omega_2 t$$

$$y = y_1 + y_2 = A \sin \omega_1 t + A \sin \omega_2 t$$

8. Energi gerak harmonik sederhana

Energi potensial:

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kA^2\sin^2\omega t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t$$

Energi kinetik:

$$E_k = \frac{1}{2}mA^2\omega^2\cos^2\omega t = \frac{1}{2}kA^2\cos^2\omega t = \frac{1}{2}k(A^2 - y^2)$$

Energi mekanik:

$$E_M = E_p + E_k = \frac{1}{2}ky^2 + \frac{1}{2}k(A^2 - y^2) = \frac{1}{2}kA^2$$

Catatan:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

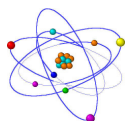
UJI KOMPETENSI KD 1.4

I. Pilihan Ganda

1. Pada suatu benda yang melakukan gerak harmonik sederhana berlaku ...
 - A. pada titik keseimbangan, kecepatan dan percepatannya maksimum
 - B. pada simpangan terjauh, kecepatan dan percepatannya maksimum
 - C. pada titik keseimbangan, kecepatannya maksimum dan percepatannya minimum
 - D. Pada simpangan terjauh, kecepatannya maksimum dan percepatannya minimum
 - E. pada titik keseimbangan, kecepatan dan percepatannya minimum
2. Sebuah pegas digantungi benda bermassa m . jika perbedaan panjang pegas sebelum dan sesudah digantungi benda adalah x , maka periode benda ketika bergerak harmonik sederhana adalah ...
 - A. $2\pi\sqrt{\frac{x}{g}}$
 - B. $2\pi\sqrt{\frac{mx}{g}}$
 - C. $\pi\sqrt{\frac{mg}{x}}$
 - D. $2\pi m\sqrt{\frac{x}{g}}$
 - E. $\frac{1}{x\sqrt{mg}}$
3. Sebuah benda melakukan gerak harmonik sederhana dengan amplitudo A dan periode T . Setelah bergerak selama $1/8 T$ dari titik keseimbangannya, maka simpangan benda adalah ...
 - A. $\frac{A}{2}$
 - B. $\frac{A}{\sqrt{2}}$
 - C. $\frac{A}{2\sqrt{2}}$
 - D. $\frac{A}{8}$
 - E. $\frac{3}{2}A\sqrt{2}$
4. Amplitudo benda yang bergerak harmonik adalah A . Pada saat kecepatannya sama dengan setengah kecepatan maksimum, simpangannya adalah ...
 - A. A
 - B. $0,87 A$
 - C. $0,64 A$
 - D. $0,5 A$
 - E. nol
5. Kecepatan maksimum suatu benda yang bergerak harmonik adalah v_m dan amplitudonya adalah A . Besar kecepatan benda saat simpangannya $0,5\sqrt{3} A$ adalah ...
 - A. $0,1 v_m$
 - B. $0,3 v_m$
 - C. $0,5 v_m$
 - D. $0,6 v_m$
 - E. v_m
6. Sebuah benda bermassa $0,5 \text{ kg}$ terikat pada sebuah pegas yang konstanta gayanya 40 N/m . benda tersebut ditarik sejauh 3 cm pada bidang datar tanpa gesekan lalu dilepaskan. Kecepatan benda pada saat simpangannya 2 cm adalah ...
 - A. $0,1 \text{ m/s}$
 - B. $0,2 \text{ m/s}$
 - C. $0,4 \text{ m/s}$
 - D. $0,6 \text{ m/s}$
 - E. $0,8 \text{ m/s}$
7. Pada saat energi kinetik benda yang bergerak harmonis sama dengan energi potensialnya, maka
 - A. sudut fasenya π radian
 - B. fasenya $3/4$
 - C. sudut fasenya $\pi/4$ radian
 - D. fasenya $1/4$
 - E. percepatannya nol

8. Pada saat simpangan sebuah pegas yang melakukan gerak harmonik sederhana adalah setengah amplitudonya, maka perbandingan energi potensial dan energi kinetiknya adalah
 A. 4 : 1 D. $\sqrt{2} : 1$
 B. 3 : 1 E. 1 : 3
 C. $\sqrt{3} : 1$
9. Sebuah partikel bermassa m melakukan gerak harmonik sederhana dengan frekuensi 100 Hz dan amplitudonya 8 cm. bila pada saat fasenya $\pi/6$ radian energi potensialnya 32 joule, maka massa partikel adalah ... ($\pi^2 = 10$)
 A. 0,10 kg D. 0,02 kg
 B. 0,20 kg E. 0,04 kg
 C. 0,01 kg
10. Suatu partikel melakukan gerak harmonik sederhana dengan persamaan $y = A \sin \omega t$. Pada saat energi kinetiknya sama dengan 3 kali energi potensialnya, maka simpangannya adalah ...
 A. $1/3 A$ D. $1/2\sqrt{3} A$
 B. $1/2 A$ E. $1/3\sqrt{3} A$
 C. $1/2\sqrt{2} A$
- II. Soal Esai**
- Jelaskan yang dimaksud dengan gerak harmonik sederhana!
 - Sebutkan apa saja karakteristik gerak harmonik sederhana!
 - Apakah yang dimaksud dengan periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana? Berikan persamaan matematisnya!
 - Sebuah benda melakukan gerak sederhana dengan periode T . Berapakah waktu yang diperlukan benda agar simpangan sama dengan $\frac{1}{2}$ amplitudonya?
 - Sebuah partikel bergerak harmonik sederhana dengan frekuensi 50 Hz dan mempunyai amplitudo 0,2 m. Hitunglah kecepatan dan percepatan partikel pada titik seimbang, kecepatan dan percepatan partikel pada simpangan maksimum, dan persamaan simpangan gerak harmonik!
 - Benda yang massanya 400 g bergetar harmonik dengan amplitudo 5 cm dan frekuensi 100 Hz. Hitunglah energi kinetik, energi potensial, dan energi mekaniknya (energi total) saat simpangannya 2,5 cm!
 - Sebuah benda mengalami gerak harmonik sederhana dengan periode $\pi/2$ sekon dan amplitudo 0,60 m. Pada $t = 0$ benda ada di $y = 0$. Berapa jauh benda dari posisi keseimbangannya ketika $t = \pi/10$ sekon?
 - Sebuah benda bergetar selaras sederhana pada pegas dengan tetapan gaya 80 N/m. Amplitudo getaran tersebut 20 cm dan kecepatan maksimumnya sebesar 4 m/s. Hitunglah massa benda tersebut!
 - Sebuah partikel dengan massa 10^{-3} kg bergerak harmonik sederhana dengan amplitudo 2×10^{-4} m. Percepatan partikel pada saat simpangan maksimum adalah $8,0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$. Hitunglah:
 - Frekuensi getaran

- Catatan:



GLOSARIUM

Elastis: kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk semula jika dikenai sebuah gaya

Elastisitas: sifat sebuah benda yang dapat kembali ke bentuk semula apabila dikenai sebuah gaya

Benda Elastik: benda yang memiliki sifat elastis

Benda Plastik: benda yang tidak memiliki sifat elastis

Daerah Elastik: daerah dimana benda bersifat elastis

Daerah Plastik: daerah dimana benda sudah tidak bersifat elastis

Batas Elastisitas: titik yang merupakan awal daerah plastik dan akhir daerah elastik

Titik Patah: titik dimana benda sudah tidak mampu menerima gaya yang diberikan sehingga patah

Tegangan (*stress*): besaran yang menyatakan kekuatan dari gaya-gaya yang menyebabkan penarikan, peremasan, atau pemuntiran, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk "gaya per satuan luas"

Regangan (*strain*): perubahan fraksional dari hasil penarikan, peremasan, atau pemuntiran yang menyatakan ukuran besar deformasinya

Modulus Elastisitas: nilai suatu besaran yang mencirikan reaksi benda terhadap gaya yang diberikan

Modulus Young: ukuran ketahanan suatu zat terhadap perubahan panjangnya ketika suatu gaya diberikan

Hukum Hooke: hukum fisika yang berbunyi pertambahan pajang berbanding lurus dengan gaya yang diberikan pada benda

Gerak Harmonik: gerakan bolak balik suatu benda melalui titik kesetimbangannya

Gaya Pemulih: gaya yang bekerja pada benda untuk memulihkan ke posisi kesetimbangan kembali ketika benda bergeser dari posisi kesetimbangannya

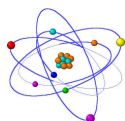
Amplitudo: perpindahan maksimum dari titik kesetimbangan

Periode: waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali getaran

Frekuensi: banyaknya getaran pada suatu satuan waktu

Gerak Harmonik Sederhana: gerak osilasi ketika gaya pemulih berbanding lurus dengan perpindahan dari posisi kesetimbangan

Bandul Sederhana: model yang terdiri dari sebuah massa titik yang ditahan oleh benang kaku tak bermassa



KUNCI JAWABAN

I. Uji Kompetensi KD 1.3

Pilihan ganda

1. E 7. C
3. C 9. E
5. A

Soal Esai

1. Baca halaman 11-12
3. $W_{\text{mak}} = 1600 \text{ N}$
5. $k = 100 \text{ N/m}$
7. 0,2 Joule
9. $\Delta x = 7,5 \text{ cm}$

II. Uji Kompetensi KD 1.4

Pilihan Ganda

1. C 7. C
3. B 9. A
5. C

Soal Esai

1. Baca halaman 62
3. Baca uni kegiatan belajar 6
5. *Pada titik seimbang:*

$$\vec{v}_y = 20 \pi \text{ m/s}$$

$$\vec{a}_y = 0$$

Pada simpangan maksimum:

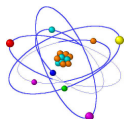
$$\vec{v}_y = 0$$

$$\vec{a}_y = -2.000 \pi^2 \text{ m/s}^2$$

Persamaan Simpangan

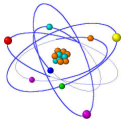
$$y = A \sin (\omega t + \varphi_0)$$

7. $y = 0,57 \text{ m}$
9. a. $10/\pi$
- b. $12,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}, 1,01 \times 10^{-3} \text{ m/s}$



DAFTAR PUSTAKA

- Budi Purwanto. (2007). *Fisika Dasar 2 Teori dan Implementasinya*. Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Djoko Nugroho. (2009). *Mandiri Mengasah Kemampuan Diri Fisika Seri Buku Soal*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Giancoli & Douglas C. (2001). *Fisika Jilid I (terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Halliday & Resnick. (1991). *Fisika Jilid I (terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Marthen Kanginan. (2010). *Physics for Senior High School 1st Semester Grade XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mohamad Ishaq. (2006). *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sears & Zemansky. (2000). *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2 Young and Freedman*. Jakarta: Erlangga.
- Setya Nurachmandani. 2009. *Fisika 2 Untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Supiyanto. (2006). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI Jilid 2*. Jakarta: PT. Phibeta Aneka Gama.
- Thomson, William T. (1986). *Teori Getaran dengan Penerapan Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Tipler, P.A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I (terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.



LAMPIRAN

FORMAT LAPORAN PRAKTIKUM

- I. Pendahuluan
 - A. Judul Praktikum
 - B. Latar Belakang
 - C. Tujuan
- II. Kajian Pustaka
- III. Metodologi Eksperimen
 - A. Alat dan Bahan
 - B. Prosedur Kerja
- IV. Hasil dan Pembahasan
 - A. Hasil Pengamatan
 - B. Analisis Data
 - C. Pembahasan
- V. Penutup
 - A. Kesimpulan
 - B. Saran
- VI. Daftar Pustaka
- VII. Lampiran (Berisi perhitungan dan soal-soal yang harus dikerjakan)

Mempelajari fisika merupakan suatu petualangan. Kalian akan menemukan bahwa fisika begitu menantang, mendapat nilai lima memang menderita, remidi membuat frustrasi, tetapi seringkali fisika juga memberikan manfaat dalam kehidupan sehari-hari.

Masing-masing dari kalian mempunyai gaya belajar yang berbeda. Memahami gaya belajar diri kalian sendiri akan membantu menfokuskan diri pada aspek-aspek fisika yang menyulitkan kalian. Jika kalian lebih mudah mendengarkan maka jangan pernah melewatkan pembelajaran dan penjelasan guru di kelas. Jika kalian lebih mudah belajar dengan memberikan penjelasan, maka rajin-rajinlah berdiskusi dengan teman. Jika penyelesaian soal adalah kesulitan kalian, maka mulai detik ini luangkan banyak waktu untuk belajar bagaimana menyelesaikan soal. Yang terpenting adalah jangan pernah berhenti untuk berpikir dan bertanya tentang segala macam fenomena yang terjadi di dunia ini. Sesungguhnya tidak ada yang sulit jika kita mau berusaha.

LAMPIRAN 18***CURRICULUM VITAE*****A. Identitas Pribadi**

Nama : Affa Ardhi Saputri

Tempat, Tanggal Lahir : Temanggung, 10 April 1990

Jenis Kelamin : Perempuan

Agama : Islam

Nama Orang Tua

1. Ayah : Priyatno
2. Ibu : Tri Lastriyati

Alamat Rumah : Baledu Rt 02/Rw 01, Kecamatan Kandangan,
Kabupaten Temanggung

Hp : 085729483104

E-mail : affa_ardhi@yahoo.com

B. Riwayat Pendidikan :

1. SD Negeri Baledu	1996-2002
2. SMP Negeri 2 Temanggung	2002-2005
3. SMA Negeri 1 Temanggung	2005-2008
4. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	2008-2013