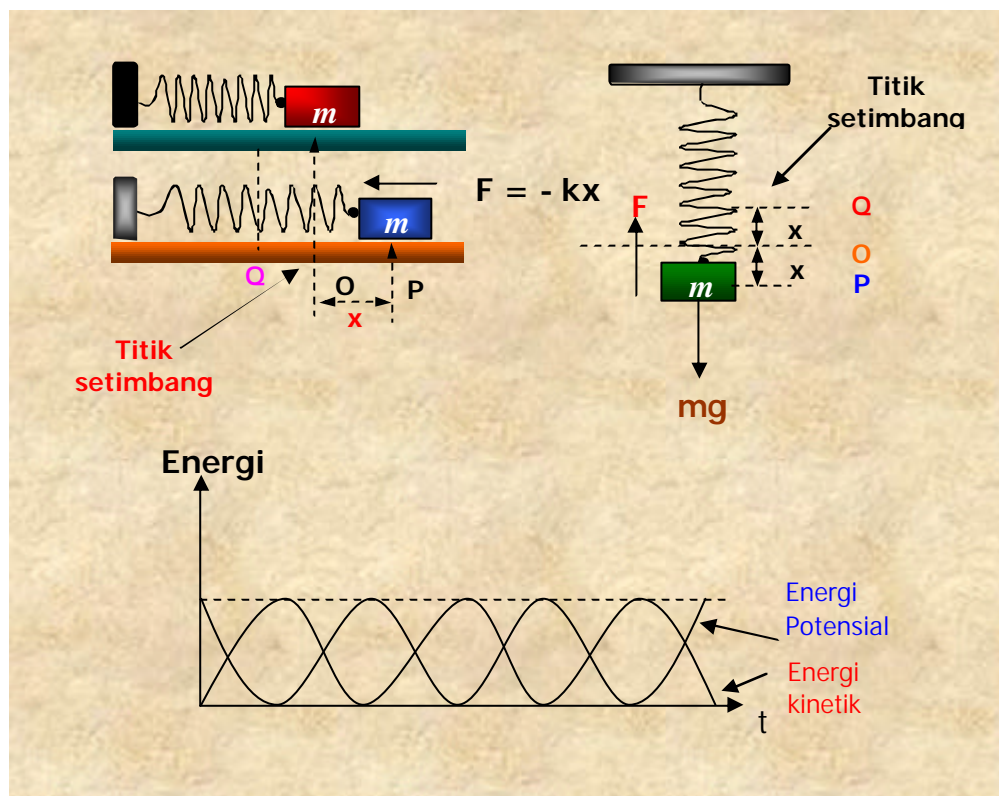


Getaran dan Gelombang



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

2004

Kode FIS.15

Getaran dan Gelombang

Penyusun

Drs. Sri Mulyaningsih, MS.

Editor:

Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.

Drs. Munasir, M.Si.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

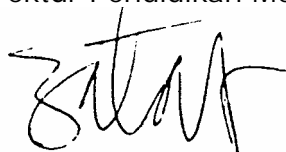
Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan

dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a.n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.
NIP 130 675 814

Daftar Isi

✍	Halaman Sampul	i
✍	Halaman Francis	ii
✍	Kata Pengantar	iii
✍	Daftar Isi	v
✍	Peta Kedudukan Modul	vii
✍	Daftar Judul Modul	viii
✍	Glosary	ix

I. PENDAHULUAN

a.	Deskripsi	1
b.	Prasarat	2
c.	Petunjuk Penggunaan Modul	2
d.	Tujuan Akhir	3
e.	Kompetensi	4
f.	Cek Kemampuan	5

II. PEMELAJARAN

A.	Rencana Belajar Peserta Diklat	6
----	--------------------------------------	---

B. Kegiatan Belajar

1.	Kegiatan Belajar	7
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	7
b.	Uraian Materi	7
c.	Rangkuman	15
d.	Tugas	16
e.	Tes Formatif	17
f.	Kunci Jawaban	18
g.	Lembar Kerja	19
2	Kegiatan Belajar	21
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	21
b.	Uraian Materi	21
c.	Rangkuman	37
d.	Tugas	39
e.	Tes Formatif	40
f.	Kunci Jawaban	42
g.	Lembar Kerja	43

III. EVALUASI

A. Tes Tertulis	45
B. Tes Praktik.....	47

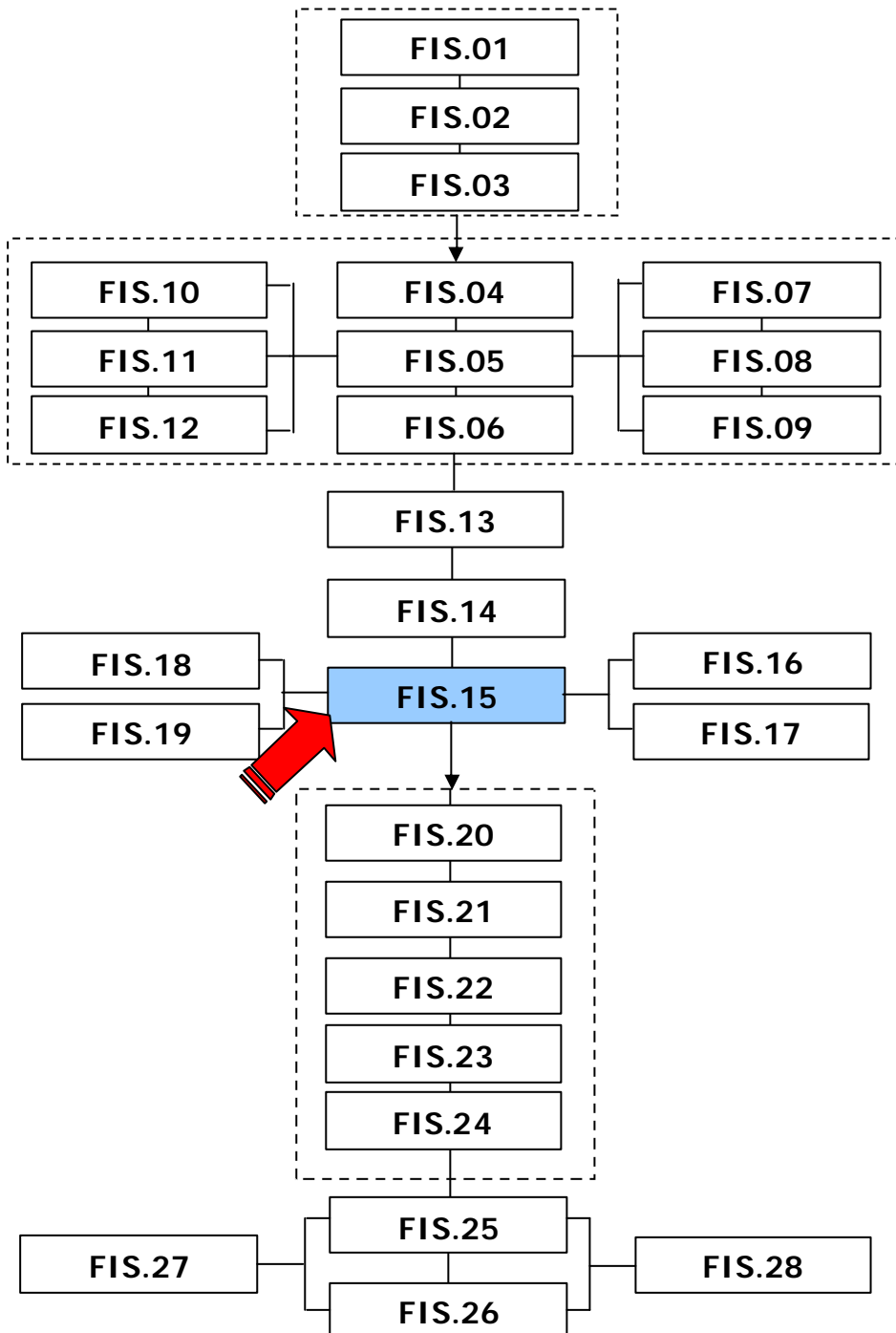
KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis	48
B. Lembar Penilaian Tes Praktik.....	50

IV. PENUTUP	52
--------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	53
-----------------------------	----

Peta Kedudukan Modul



DAFTAR JUDUL MODUL

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	FIS.05	Gerak Lurus
6	FIS.06	Gerak Melingkar
7	FIS.07	Hukum Newton
8	FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	FIS.12	Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar
13	FIS.13	Fluida Statis
14	FIS.14	Fluida Dinamis
15	FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	FIS.16	Suhu dan Kalor
17	FIS.17	Termodinamika
18	FIS.18	Lensa dan Cermin
19	FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	FIS.20	Listrik Statis
21	FIS.21	Listrik Dinamis
22	FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	FIS.23	Transformator
24	FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	FIS.25	Semikonduktor
26	FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
Getaran	Gerak bolak-balik suatu partikel secara periodik melalui suatu titik kesetimbangan.
Gelombang	Getaran yang merambat melalui suatu medium.
Amplitudo	Simpangan maksimum dari getaran atau gelombang.
Frekwensi	Banyaknya getaran atau gelombang tiap sekon (detik).
Perioda	Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu getaran atau satu gelombang.
Getaran Harmonik Sederhana	Getaran yang tidak mengalami redaman.
Gelombang Transversal	Gelombang yang arah getar dan arah rambatnya saling tegak lurus. Contoh gelombang elastik, gelombang yang merambat pada zat padat.
Gelombang Longitudinal	Gelombang yang arah getar dan arah rambatnya sejajar. Contoh gelombang bunyi.
Resonansi	Turut bergetarnya suatu benda yang semula diam ketika suatu sumber getar digetarkan. Resonansi terjadi jika frekwensi alami benda sama dengan frekwensi alami sumber getar.
Gelombang Mekanik	Gelombang yang merambat membutuhkan suatu medium.
Gelombang Elektromagnetik	Gelombang yang tidak membutuhkan medium untuk merambat.
Superposisi Getaran	Penggabungan dua getaran, dengan menjumlahkan simpangan-simpangannya.
Superposisi Gelombang	Penggabungan dua gelombang, dengan menjumlahkan simpangan-simpangannya.
Pembiasan	Pembelokan gelombang ketika bergerak dari satu medium ke medium yang lain yang berbeda.

Interferensi	Pertemuan dua gelombang pada suatu titik. Interferensi destruktif, terjadi jika kedua gelombang yang bertemu memiliki fase yang berlawanan. Interferensi konstruktif, terjadi jika kedua fase gelombang yang bertemu mempunyai fase yang sama.
Gelombang stasioner	Perubahan bentuk plasis. Daerah plastis bahan.
Difraksi	Pembelokan gelombang yang disebabkan oleh adanya penghalang berupa celah sempit.
Indek Bias	Indek bias suatu medium adalah perbandingan sinus sudut datang dari ruang hampa dengan sinus sudut bias dalam medium. $n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r}$
Sudut Bias	Sudut yang dibentuk oleh sinar bias terhadap sumbu normal bidang.
Empat sifat umum gelombang	Meliputi: pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), pembelokan (difraksi) dan penggabungan (interferensi).

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini pembelajaran akan dimulai dengan bahasan mengenai getaran harmonik yang dalam pembahasannya memerlukan beberapa pengetahuan dasar terutama matematika dan mekanika, antara lain gerak, gaya, kecepatan, percepatan, energi, diferensial dan integral dan persamannya. Agar tidak mengalami kesulitan dalam perhitungan serta pemecahan masalah dalam penerapannya, perlu diawali dengan mengingat kembali beberapa modul lain yang berkaitan.

Materi dalam bab I akan membahas tentang getaran harmonik lengkap dengan periode, simpangan dan frekuensi melalui percobaan bandul matematis serta persamannya, kemudian dilanjutkan dengan getaran terdamp dan getaran teredam. Untuk materi selanjutnya akan dibahas tentang gelombang, antara lain pembahasan mulai macam-macam gelombang dan karakteristik gelombang, dan diakhiri dengan pembahasan bunyi serta penerapannya. Ketiga materi tersebut mempunyai keterkaitan untuk menunjang kegiatan kehidupan manusia sehari-hari.

Untuk lebih jelasnya deskripsi meliputi pengertian getaran, yang didefinisikan sebagai gerakan bolak balik secara periodik melalui titik keseimbangan. Pengertian ini sebagai penegasan bahwa gerakan satu getar dihitung dari gerakan titik awal sampai bergerak dan berayun kembali ke titik awal tersebut. Dari pemahaman arti satu getar anda dapat mendeskripsikan periode, frekuensi, amplitudo. Sedangkan perbedaan sudut fase getar dan fase getaran dapat memberikan hubungan antara lamanya getaran dengan periode, sehingga konsep awal ini dapat menjelaskan hubungan antara periode, panjang tali dengan syarat sudut simpangan yang kecil dalam percobaan bandul matematis. Hasil akhir dari proses ini dapat dinyatakan dalam bentuk rumus dan persamaan matematisnya. Untuk

materi gelombang dan bunyi, keduanya menggunakan konsep dasar getaran sehingga pengembangan konsep untuk gelombang dan bunyi dihubungkan dengan keadaan alam semesta serta berkaitan dengan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam kehidupan sehari-hari.

B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini dengan lancar, anda harus dapat mengoperasikan persamaan matematis terutama tentang diferensial dan integral serta hubungannya dengan konsep mekanika, seperti gerak, kecepatan, gaya dan energi. Anda harus dapat mengoperasikan persamaan diferensial tersebut dalam penyelesaian persoalan fisis. Di samping itu, anda juga harus melakukan percobaan-percobaan dengan teliti untuk menemukan konsep yang benar.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

- a Pelajari daftar isi serta kedudukan modul dengan cermat dan teliti, karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang anda pelajari ini di antara modul-modul yang lain.
- b Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pemahaman konsep dengan benar serta proses penemuan hubungan antar konsep yang dapat menambah wawasan sehingga mendapatkan hasil yang optimal.
- c Pahami setiap konsep dasar pendukung modul ini, misalnya matematika dan mekanika.
- d Setelah merasa tuntas mempelajari modul ini, selanjutnya jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat, jelas, tepat dan dikerjakan sesuai dengan kemampuan anda.
- e Bila anda dalam mengerjakan tugas/soal menemukan kesulitan, konsultasikan dengan guru/instruktur yang ditunjuk.
- f Setiap kesulitan catatlah untuk dibahas dalam saat kegiatan tatap muka. Untuk lebih menambah wawasan diharapkan membaca referensi lain yang berhubungan dengan materi dalam modul ini.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat:

- ✍ Mendefinisikan pengertian getaran harmonik sederhana.
- ✍ Menjelaskan perbedaan periode, simpang getar dan frekuensi pada getaran dan gelombang.
- ✍ Menentukan besar periode, simpang getar dan frekuensi suatu getaran dan gelombang.
- ✍ Menjelaskan pengaruh simpang getar, panjang tali serta frekuensi terhadap hasil perhitungan gravitasi bumi.
- ✍ Menjelaskan pengaruh sumber getar terhadap gelombang bunyi.
- ✍ Menjelaskan keterbatasan pendengaran manusia terhadap frekuensi bunyi.
- ✍ Menjelaskan pengaruh getaran yang terkuat terhadap bunyi yang dihasilkan dan hubungannya gelombang bunyi tersebut terhadap fungsi organ manusia.
- ✍ Menjelaskan pengaruh getaran bunyi yang terkuat terhadap kekuatan fondasi bangunan.

E. Kompetensi

Kompetensi : GETARAN DAN GELOMBANG
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Mata Diklat-Kode : FISIKA-FIS.15
 Durasi Pembelajaran : 14 jam @ 45 menit

Sub Kompetensi	Kriteria unjuk kerja	Lingkup belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Ketrampilan
1. Melakukan kajian ilmiah, memahami pengertian getaran dan bagian bagiannya	Mengidentifikasi getaran	Pembahasan tentang konsep getaran dan penerapannya	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Aktif mengikuti kegiatan pembelajaran ↳ Teliti dalam menghitung, periode, simpangan dan frkuensi getaran harmonik 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Pengertian getaran. ↳ Menghitung frekuensi. ↳ simpang getar, periode getaran harmonik. ↳ Perhitungan masalah/soal soal yang berkaitan dengan getaran harmonik 	Melakukan percobaan getaran harmonis, untuk menghitung periode, frekuensi, simpang getar getaran harmonik
2. Menjelaskan karakteristik gelombang	Mengidentifikasi gelombang	Pembahasan tentang konsep gelombang	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Aktif mengikuti dis-kusi kelompok membahas tentang gelombang. ↳ Menghitung frekuensi, cepat rambat dan panjang gelombang serta indeks bias gelombang. 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Perbedaan getaran dan gelombang. ↳ Perbedaan gelombang. transersal dan longitudinal ↳ perhitungan cepat rambat, panjang gelombang serta indeks bias. 	Melakukan percobaan untuk menghitung frekuensi, cepat rambat, panjang gelombang dan indeks bias gelombang.
3. Menjelaskan karakteristik bunyi	Mengidentifikasi gelombang bunyi	Pembahasan konsep bunyi	Teliti, cermat dan jujur	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Pengertian bunyi ↳ Perhitungan bunyi 	Melakukan percobaan untuk menentukan cepat rambat bunyi.

F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Definisikan pengertian getaran harmonik sederhana.
2. Jelaskan perbedaan frekuensi, amplitudo, periode harmonik sederhana.
3. Jelaskan bagaimana menghitung frekuensi, amplitudo dan periode suatu getaran harmonik.
4. Jelaskan hubungan antara getaran dan gelombang.
5. Jelaskan perbedaan gelombang diam dan gelombang berjalan.
6. Jelaskan perbedaan pantulan dan pembiasan gelombang.
7. Suatu bandul sederhana dengan panjang tali ayunan 1,6 m bergetar pada suatu tempat dimana $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan berapa getaran yang terjadi selama 2 menit.
8. Untuk merenggangkan sebuah pegas sejauh 2 cm diperlukan usaha 0,32 J. Jika pegas diberi beban 0,6 kg kemudian digetarkan, tentukan perioda getaran yang terjadi pada pegas tersebut.
9. Tinjau benda bermassa m pada sistem pegas mendatar (dengan tetapan gaya $= k$) ditarik sejauh x , kemudian dilepaskan, maka terjadi getaran harmonis sederhana. Tentukan kecepatan maksimum yang dialami benda.
10. Suatu berkas cahaya dengan panjang gelombang $8,2 \times 10^{-5} \text{ mm}$ masuk dari udara ke dalam balok kaca yang indek biasnya 1,5. Tentukan berapa panjang gelombang didalam balok kaca.
11. Jelaskan: (a) Kapan terjadi interferensi konstruktif maksimum antara dua gelombang, (b) dan kapan terjadi interferensi destruktif maksimum antara kedua gelombang.

BAB II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

- Kompetensi : Getaran dan Gelombang
Sub Kompetensi : 1. Memahami konsep Getaran
2. Memahami konsep gelombang
3. Memahami konsep bunyi

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. Kegiatan Pembelajaran

1. Kegiatan Pembelajaran 1

a. Tujuan Kegiatan pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan I, diharapkan anda dapat:

- ✍ Mendefinisikan pengertian getaran harmonik.
- ✍ Menjelaskan karakteristik getaran harmonik.
- ✍ Menghitung besarnya amplitudo, frekuensi getaran dan periode getar.
- ✍ Menjelaskan hubungan antara periode, frekuensi dan amplitudo
Menentukan grafik hubungan antara simpangan, waktu getar terhadap hasil perhitungan grafitasi.
- ✍ Menjelaskan pengaruh massa dengan energi mekanik yang dipengaruhi amplitudo dan frekuensi getaran.

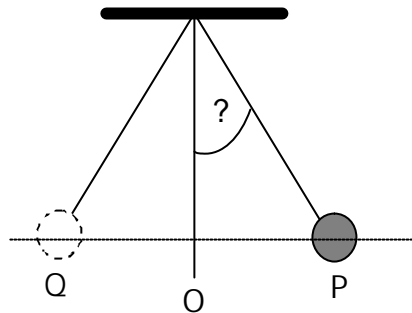
b. Uraian materi

Tanpa disadari dalam kehidupan sehari hari terjadi banyak sekali gerak benda yang bersifat periodik, contohnya gerak bandul jam, gerak pelat yang bergetar atau pada sepeda motor yaitu gerak piston pada silender mesin motor. Gerakan periodik ini disebut gerak osilasi. Gerak osilasi yang paling sederhana disebut ***gerak harmonik sederhana***

Getaran harmonik sederhana adalah gerak bolak balik yang selalu melewati titik kesetimbangan tanpa mengalami redaman

Pada Gambar 1.1 memperlihatkan sebuah pendulum, yang terdiri dari seutas tali dan sebuah beban berupa silinder pejal, kemudian tali diikat pada statip (penyangga). Jika pendulum disimpangkan dari posisi keseimbangannya, maka saat dilepaskan bandul tersebut akan bergerak

bolak balik di sekitar titik kesetimbangannya. *Satu gerakan atau satu getar* adalah gerakan dari titik mula-mula sampai kembali ke titik awal melalui titik setimbang. Dalam gambar ditunjukkan satu getaran di mulai dari titik P melalui O ke titik Q kembali ke P juga harus melalui O, Jadi bila dilihat lintasan tersebut adalah *gerakan mulai dari titik P – O – Q – O – P*.



Gambar 1.1 Getaran harmonis pada Ayunan Bandul Matematis

a. Amplitudo, Periode dan frekuensi

Simpangan menyatakan posisi pendulum setiap saat terhadap titik seimbangannya. Simpangan terbesar dari sistem tersebut disebut amplitudo. Jika simpangan diberi notasi x dan amplitudo diberi notasi A maka persamaan simpangan sebagai fungsi waktu adalah:

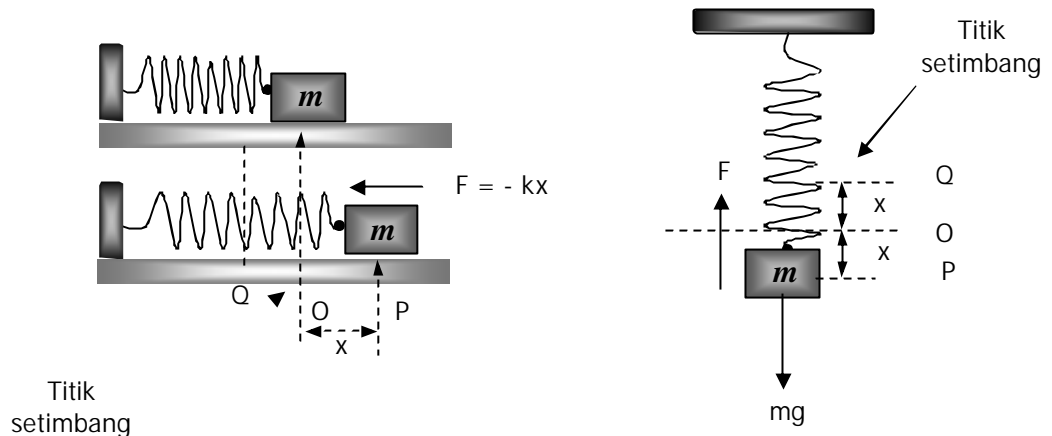
$$x = A \sin(\omega t + \phi) \quad (1.1)$$

Besaran $(\omega t + \phi)$ dinamakan fase dari gerak harmonik dengan ω menyatakan *kecepatan sudut* dan ϕ menyatakan fase untuk $t = 0$. Dengan demikian untuk pendulum dengan keadaan awal $t = 0$ diberi simpangan maksimum A , maka harga x akan bervariasi antara $x = -A$ hingga $x = +A$.

Selang waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran dinamakan *periode* (T), dan banyaknya getaran setiap detik disebut *frekuensi* (f). Hubungan antara periode dan frekuensi dinyatakan oleh persamaan:

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1.2)$$

Contoh lain getaran harmonik sederhana adalah gerakan pegas seperti pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Getaran harmonis pada pegas

Getaran yang terjadi dipengaruhi gaya yang arahnya menuju satu titik dan besarnya seimbang dengan simpangannya. Suatu benda yang digantungkan pada sebuah pegas dan disusun seperti bandul matematis. Benda tersebut akan bergerak dari simpangan P kemudian bergerak ke Q melalui O (titik setimbang) dan kembali lagi ke P. Jika beban dilepas, maka beban akan bergerak bolak balik di sekitar titik kesetimbangan O.

Besarnya periode getaran gerak harmonis sederhana dari sistem pegas adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1.3)$$

Kecepatan sudut atau frekuensi sudut (ω) menyatakan besar sudut yang ditempuh persatuan waktu yang dinyatakan oleh persamaan:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (1.4)$$

Dan dari persamaan (1.1), dapat diturunkan kecepatan dan percepatan getaran harmonik sederhana, yaitu:

$$\text{Kecepatan: } v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \phi) \quad (1.5)$$

$$\text{Percepatan: } a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi) \quad (1.6)$$

Sehingga dari persamaan (1.5) dan (1.6) di atas, diperoleh kecepatan maksimum: $A\omega$ dan percepatan maksimum $-A\omega^2$. Percepatan getaran harmonis dapat juga dinyatakan terhadap simpangannya:

$$a = -\omega^2 x \quad (1.7)$$

Dapat disimpulkan bahwa: gerak harmonik sederhana, percepatannya sebanding dan berlawanan arah dengan simpangannya.

Selidiki: Bagaimana nilai simpangan, kecepatan dan percepatan pada dua titik istimewa, yaitu titik kesetimbangannya ($y = 0$) dan titik saat simpangan maksimum ($y = A$) dari gerakan harmonik sederhana?

Catatan ringkas:

- ↳ Periode getar: adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai satu getaran penuh.
- ↳ Frekuensi: adalah banyaknya getaran tiap sekon.
- ↳ Amplitudo: adalah simpangan maksimum dari suatu getaran
- ↳ Simpangan: adalah besarnya perpindahan dari suatu titik kesetimbangan ke suatu posisi tertentu.
- ↳ Sudut fase getaran: adalah sudut terjauh dalam waktu tertentu.
- ↳ Fase getaran: adalah perbandingan antara lamanya getaran dengan periode getaran.
- ↳ Kecepatan sudut adalah sudut yang ditempuh dalam satuan waktu.

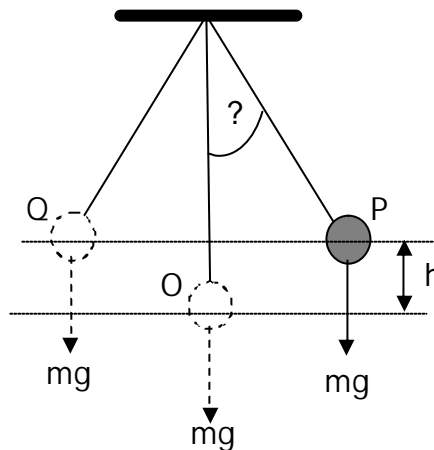
b. Energi Getaran Harmonik Sederhana

Bagaimana energi kinetik dan energi potensial sebuah benda yang mengalami getaran harmonis sederhana?

(a) Tinjauan untuk kasus getaran harmonis pada ayunan sederhana.

- ✍ Ketika benda ada di titik P, benda mengalami simpangan terbesar, kecepatan benda nol, sehingga pada titik A energi kinetik sama dengan nol, dan energi potensial = mgh .
- ✍ Ketika benda ada dititik O, benda berada pada titik kesetimbangannya, kecepatan benda maksimum, sehingga pada titik O energi kinetik = $\frac{1}{2}mv^2$, dan energi potensial = nol.
- ✍ Ketika benda ada dititik Q, benda mengalami simpangan terbesar, kecepatan benda nol, sehingga pada titik Q energi kinetik sama dengan nol, dan energi potensial = mgh (*sama dengan posisi di P*).
- ✍ Jadi pada kasus ini terjadi kekekalan energi mekanik:

$$EM_p = EM_o = EM_Q$$



(b) Tinjauan untuk kasus getaran harmonis pada sistem pegas sederhana

- ✍ Pada sistem pegas berlaku pula sifat seperti pada sistem bandul matematis. Selanjutnya akan dibuktikan bahwa energi pada benda yang mengalami getaran selaras sederhana adalah kekal.
- ✍ Energi kinetik benda yang bergetar harmonis: $\frac{1}{2}mv^2$, dan digunakan persamaan (1.5) untuk fase getaran $\theta = 0$, maka diperoleh:

(ingat $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$)

$$EK = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t) \quad (1.8)$$

✍ Energi potensial benda yang bergetar harmonik pada sistem pegas:
 $\frac{1}{2}kx^2$, gunakan persamaan (1.1) untuk fase getaran $\phi = 0$, maka

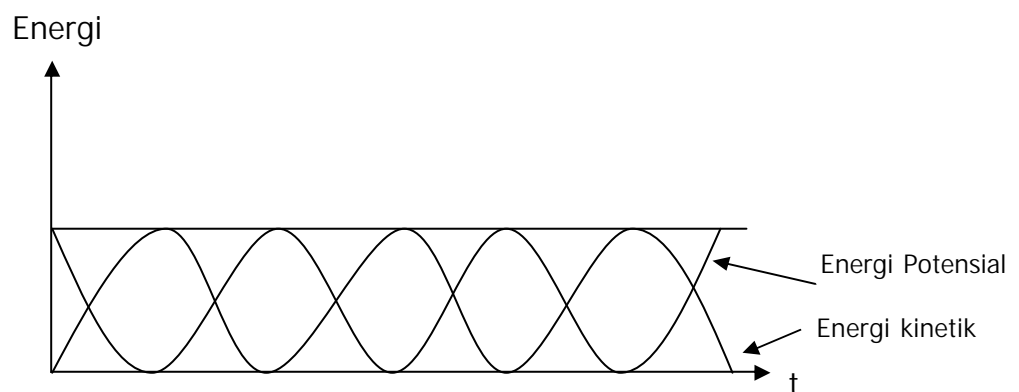
diperoleh: (ingat $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$)

$$EP = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t) \quad (1.9)$$

✍ Jadi pada kasus ini terjadi kekekalan energi mekanik:

$$EM = EK + EP = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \quad (1.10)$$

Dari sini tampak bahwa energi mekanik benda yang mengalami getaran harmonis sederhana hanya bergantung pada konstanta pegas k dan amplitudonya A , dan tidak bergantung pada simpangannya x dan kecepatannya v . Energi potensial dan energi kinetik berubah secara periodik tetapi jumlahnya selalu tetap pada setiap saat.

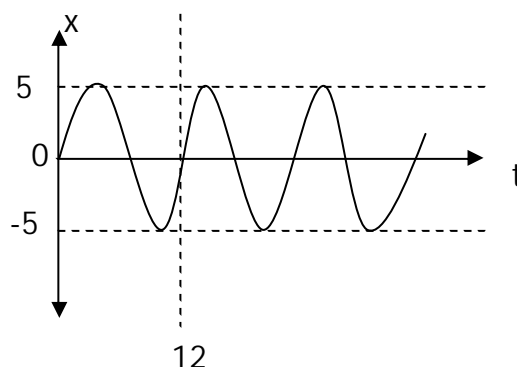


Gambar 1.6 Gambar grafis perubahan energi

Contoh soal:

1. Dari grafik simpangan terhadap waktu pada gambar di bawah ini tentukan:

- amplitudo
- periode
- frekuensi getaran



Penyelesaian:

- a. Amplitudo adalah simpangan maksimum dari garis mendatar, $A = 5 \text{ cm}$
- b. Periode T adalah selang waktu yang diperlukan untuk membentuk tiga titik potong berurutan pada sumbu $x(t)$
 $f = 12 \text{ detik}$
- c. Frekuensi f adalah kebalikan dari periode (T)
 $T = 1/12 \text{ Hz}$

2. Sebuah tali panjang 160 cm, ujung bawahnya dibebani 20 gram, ujung lain diikatkan dengan kuat pada bidang statis, kemudian disimpangkan dengan sudut 6 derajat. Bila $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan periode getarnya.

Penyelesaiannya:

$$l = 160 \text{ cm} = 1,6 \text{ m}$$

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

maka, perioda getarannya: $T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \cdot 3,14 \sqrt{\frac{1,6}{10}} = 2,51 \text{ detik}$

3. Sebuah benda melakukan gerak harmonik sederhana dengan periode T . Berapa waktu minimum yang diperlukan benda agar simpangan sama dengan setengah amplitudonya.

Penyelesaian:

Gunakan persamaan (1.1): $x = A \sin \omega t$, tinjau untuk sudut fase $= 0$ (nol), sehingga: $x = A \sin \omega t$. Dan untuk $x = \frac{1}{2} A$, maka:

$$\frac{1}{2} A = A \sin \omega t$$

$$\frac{1}{2} = \sin \omega t = \sin t \cdot \frac{\omega}{6} \text{ dan } t = \frac{\omega}{6} = \frac{T}{2} = \frac{1}{12} T$$

Jadi waktu minimum yang dibutuhkan untuk benda agar bergetar dengan setengah amplitudonya, adalah $\frac{1}{12} T$.

4. Sebuah benda massa 2 kg melakukan getaran selaras dengan amplitudo 25 cm dan perioda 3 detik. Tentukan kecepatan maksimum, percepatan maksimum, energi kinetik maksimum dan energi potensial maksimum.

Penyelesaian:

Kecepatan maksimum:

$$(v)_{\text{maks}} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{\text{maks}} = A \omega = 0,25 \times \frac{2 \times 3,14}{3} = 0,524 \text{ m/s}$$

Percepatan maksimum:

$$(a)_{\text{maks}} = \left(\frac{dv}{dt}\right)_{\text{maks}} = A \omega^2 = 0,25 \times \left(\frac{2 \times 3,14}{3}\right)^2 = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Energi kinetik maksimum = Energi potensial maksimum:

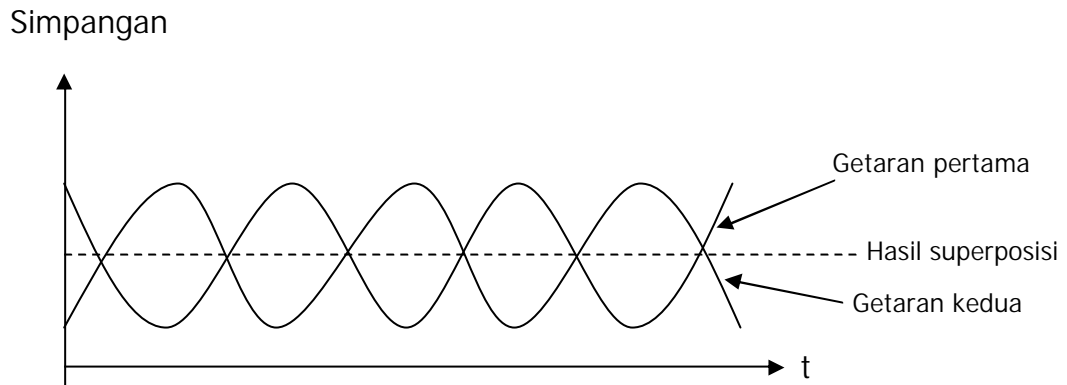
$$\begin{aligned} EK = EP &= \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} mA\omega^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 2 \times (0,25)^2 \times \left(\frac{2 \times 3,14}{3}\right)^2 \\ &= 0,275 \text{ Joule} \end{aligned}$$

c. Superposisi dua getaran harmonik

Dua buah getaran harmonis sederhana dapat disuperposisikan atau dipadukan sehingga diperoleh getaran baru yang dinamakan getaran hasil superposisi. Tinjau gelombang tali pada gambar 1.7 di bawah ini. Tampak bahwa simpangan getaran superposisi adalah jumlah dari simpangan kedua getaran yang bersesuaian. Jadi jika simpangan getaran pertama

ditulis sebagai $x_1(t)$, dan simpangan untuk getaran kedua $x_2(t)$, maka simpangan superposisi getaran:

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) \quad (1.11)$$



Gambar 1.7 Superposisi dua getaran harmonis sederhana

c. Rangkuman

➤ Getaran harmonik sederhana adalah gerak bolak balik yang selalu melewati titik kesetimbangan. Jika simpangan diberi notasi x dan amplitudo diberi notasi A maka persamaan simpangan sebagai fungsi waktu adalah:

$$x = A \sin(\omega t + \phi)$$

➤ Periode getar (T), adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai satu getaran penuh. Frekuensi (f), adalah banyaknya getaran tiap sekon. Amplitudo (A), adalah simpangan maksimum dari suatu getaran. Simpangan (x), adalah besarnya perpindahan dari suatu titik kesetimbangan ke suatu posisi tertentu. Sudut fase getaran ($\omega t + \phi$): adalah sudut terjauh dalam waktu tertentu. Fase getaran $\phi = \frac{t}{T} \cdot 2\pi$, adalah perbandingan antara lamanya getaran dengan periode getaran.

✍ Periode getaran harmonis untuk sistem bandul matematis sederhana:

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \text{ dan, untuk sistem pegas: } T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

✍ Energi kinetik dan energi potensial benda yang bergetar secara harmonis sederhana:

$$EK = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \phi) \text{ dan } EP = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t + \phi)$$

✍ Dan energi mekanik benda yang bergetar secara harmonis sederhana adalah: $EM = \frac{1}{2}kA^2$ (kkal).

✍ Superposisi getaran adalah penggabungan dua getaran atau lebih sehingga terbentuk getaran baru.

d. Tugas

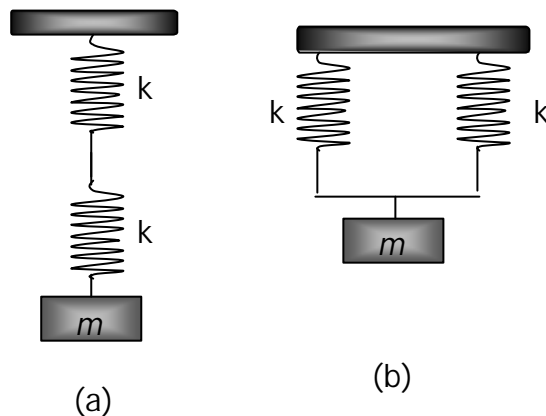
1. Definisikan pengertian getaran harmonik sederhana!
2. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang frekuensi, amplitudo, periode harmonik sederhana!
3. Jelaskan bagaimana menghitung frekuensi amplitudo dan periode suatu getaran harmonik!
4. Jelaskan hubungan antara getaran dan gelombang
5. Jelaskan apa yang terjadi terhadap besaran-besaran berikut (a) frekwensi, (b) kecepatan maksimum, dan (d) energi totalnya, jika amplitudo suatu getaran anda tingkatkan menjadi dua kali.
6. Jelaskan bagaimana nilai dari energi kinetik dan energi potensial serta energi mekanik benda yang bergetar secara harmonis sederhana pada posisi (a) titik kesetimbangan, dan (b) titik simpangan terjauh.
7. Jika ditinjau suatu tempat yang mempunyai percepatan gravitasi bumi $9,8 \text{ m/s}^2$, sebuah bandul sederhana bergetar dengan periode 1,2 sekon. Tentukan (a) panjang tali pada bandul tersebut, (b) berapa periode bandul tersebut jika dilakukan pengukuran di bulan yang percepatan garvitasinya hanya seperenam dari percepatan gravitasi bumi.

8. Periode sebuah bandul sederhana adalah 4 sekon (detik). Tentukan periodenya jika panjang tali bandul: (a) diperpanjang 50 % panjang mula-mula, (b) diperpendek 50% dari panjang mula-mula.
9. Jelaskan bagaimana besar kecepatan dan simpangan benda yang bergetar: (a) dititik kesetimbangan, (b) dititik terjauh.
10. Sebuah balok bermassa 0,25 kg digantung pada sebuah pegas dengan tetapan gaya pegas 250 N/m. Tentukan frekwensi dan periode getaran yang terjadi pada sistem pegas tersebut.

e. Tes Formatif

1. Sebuah balok bermassa 0,25 kg digantung pada sebuah pegas dengan tetapan gaya pegas 250 N/m. Tentukan frekwensi dan periode getaran yang terjadi pada sistem pegas tersebut.
2. Suatu bandul sederhana dengan panjang tali ayunan 1,2 m bergetar pada suatu tempat dimana $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan berapa getaran yang terjadi selama 1 menit.
3. Untuk merenggangkan sebuah pegas sejauh 2,2 cm diperlukan usaha 0,33 J. Jika pegas diberi beban 0,66 kg kemudian digetarkan, tentukan perioda getaran yang terjadi pada pegas tersebut.
4. Pada permukaan suatu danau terdapat dua benda yang mengapung yang terpisah satu sama lain dengan jarak 80 cm. Kedua benda tersebut turun naik bersama-sama dengan frekwensi 3 getaran per sekon. Bila salah satu benda berada di puncak bukit gelombang dan yang satu berada di lembah gelombang, sedangkan di antara kedua benda tersebut terdapat dua bukit gelombang. Tentukan cepat rambat gelombang.
5. Sebuah ayunan sederhana, panjang tali 80 cm, massa benda 0,2 kg dan percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$, tentukan frekwensi getaran tersebut.

6. Dua buah sistem pegas P dan Q yang masing-masing bergetar dengan frekwensi f_P dan f_Q , jika $f_P = 3 f_Q$ dan tetapan pegas keduanya dianggap sama, tentukan perbandingan massa beban pada kedua sistem pegas.
7. Tinjau sebuah bandul jam dinding memiliki periode 0,81 s. Tentukan: (a) panjang lengan bandul, (b) berapa panjang lengan bandul supaya mempunyai priode 1,8 sekon.
8. panjang dua buah bandul sederhana masing-masing 36 cm dan 16 cm. Jika bandul dengan panjang 36 cm digetarkan maka frekwensinya 8 Hz. Berapa frekwensi getaran untuk bandul dengan panjang 16 cm.
9. Tentukan perbanding periode getaran pada sistem pegas berikut:



f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. 15,92 Hz
2. 27 getaran
3. 0,14 sekon
4. 0,8 m/s
5. 0,56 Hz
6. $m_P : m_Q = 1 : 9$
7. (a) 0,166 m, (b) 0,82 m
8. 12 Hz
9. $T_a : T_b = 2 : 1$

g. Lembar Kerja

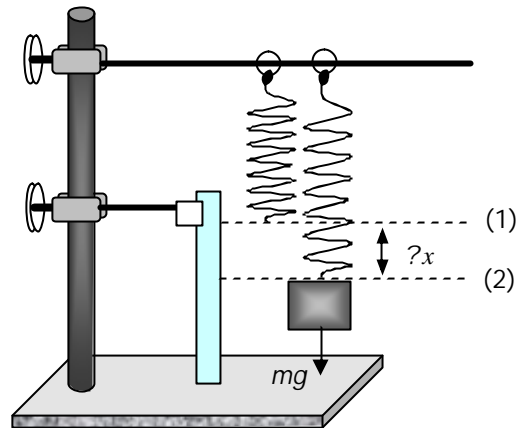
Menghitung Tetapan Gaya pada Sistem Pegas

A. Bahan:

- ✍ Satu set massa pembeban
- ✍ Kertas untuk menggambar grafik

B. Alat:

- ✍ 2 buah pegas
- ✍ satu set alat pengukuran pegas
- ✍ penggaris/meteran
- ✍ neraca timbangan massa
- ✍ stop wacth



C. Langkah kerja:

1. Gantung seutas pegas pada tiang, unjung bebas dihubungkan dengan beban m .
2. Beri simpangan pada sistem pegas tersebut ($?x$), pada posisi (2), kemudian lepas, terjadi gerak bolak-balik terhadap titik (1).
3. Lakukan pengukuran waktu getaran.
4. Isikan hasil pengamatan anda pada tabel 1.1 dan tabel 1.2 berikut

Tabel 1.1

Amplituda (cm)	10 x T (sekon)	T (sekon)
2		
3		
4		
5		

Tabel 1.2

Massa beban (gram)	10 x T (sekon)	T (sekon)	T ²
10			
20			
30			
40			
50			
60			

5. Bagaimana dengan periode T , apakah dipengaruhi oleh: (a) amplitudo, (b) massa beban.
6. Buatlah grafik T^2 terhadap m . Bagaimana bentuk grafiknya ?
7. Tentukan konstanta gaya pegas dari grafik yang anda buat tersebut.
8. Coba anda lakukan analisa terhadap hasil yang anda dapatkan, kemudian bandingkan dengan (hasil) teori yang ada.

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 2, diharapkan anda dapat:

- ✍ Mendefinisikan konsep gelombang.
- ✍ Menjelaskan proses perambatan gelombang sebagai bentuk energi.
- ✍ Menjelaskan hubungan antara cepat rambat gelombang, panjang gelombang dan frekuensi.
- ✍ Menjelaskan perbedaan gelombang transversal dan gelombang longitudinal.
- ✍ Menghitung panjang gelombang, periode, frekuensi, dan cepat rambat gelombang.
- ✍ Menganalisis gelombang berdasarkan arah rambatan dan arah getar.
- ✍ Menjelaskan pengaruh waktu terhadap cepat rambat gelombang.
- ✍ Menjelaskan karakteristik gelombang yang tepat berdasarkan arah rambat dan arah getar, medium, amplitudo dan fase.
- ✍ Menjelaskan sifat sifat gelombang mekanik.
- ✍ Menjelaskan prinsip Huygens.
- ✍ Menjelaskan peristiwa pantulan gelombang, pembiasan gelombang dan interferensi gelombang.

b. Uraian Materi

a. Gelombang Mekanik

Gelombang berdasarkan sifat fisisnya adalah gelombang air, gelombang tali, gelombang bunyi, gelombang radio, dan sebagainya. Jika ditinjau dari medium perambatannya gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang mekanik yang butuh medium untuk perantara, dan gelombang elektromagnetik yang tidak butuh medium perantara.

Gelombang merupakan rambatan energi dari sumber getar yang merambat tanpa disertai perpindahan partikelnya. Fenomena ini ditunjukkan

pada peristiwa gelombang permukaan air, gelombang pada tali, gelombang radio, dan sebagainya.

Tinjau seutas tali panjang L dalam arah mendatar, salah satu ujungnya digetarkan naik-turun dalam arah sumbu y , sehingga terjadi gelombang pada tali yang merambat dalam arah x positif. Pada tali yang digerakan tersebut juga mengalami gelombang berjalan, gelombang mekanik yang amplitudonya konstan di setiap titik yang dilalui gelombang. Maka persamaan simpangan dititik O adalah:

$$y_o = A \sin \omega t \quad (2.1)$$

dan karena setelah $(t = \frac{x}{v})$ titik O bergetar, baru titik P bergetar, simpangan gelombang berjalan dititik P adalah:

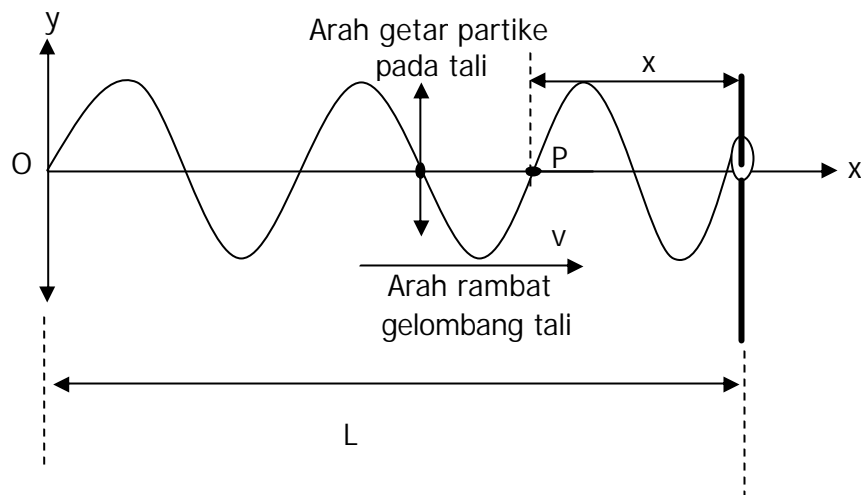
$$y_p = A \sin \left(\omega t - \frac{x}{v} \right) \quad (2.2)$$

dan didefinisikan bilangan gelombang $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, dan menggunakan hubungan: $\omega = 2\pi f$ dan $v = \lambda f$, maka persamaan (2.2) dapat dituliskan menjadi:

$$y_p = A \sin \left(\omega t - kx \right) \quad (2.3)$$

Persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3) berlaku untuk gelombang berjalan ke kanan (searah sumbu x positif). Untuk gelombang yang berjalan ke kiri (menuju sumbu x negatif), maka titik P akan bergetar $t = \frac{x}{v}$ terlebih dahulu sebelum titik O , sehingga persamaan simpangan gelombang berjalan tersebut adalah:

$$y_p = A \sin \left(\omega t + \frac{x}{v} \right) = A \sin \left(\omega t + kx \right) \quad (2.3)$$



Gambar 2.1 Gelombang berjalan pada Tali

Gelombang yang merambat pada tali ternyata arah getarnya tegak lurus arah rambatannya dan disebut *gelombang transversal*, sedangkan yang terjadi pada pegas adalah arah getar gelombang searah dengan arah rambatannya disebut *gelombang longitudinal*.

b. Kecepatan dan Percepatan Getaran

Jika ditinjau gelombang berjalan ke arah kanan (sumbu x positif), maka kecepatan dan percepatan getaran pada titik P dapat ditentukan dengan melakukan diferensial terhadap persamaan simpangan pada titik P tersebut. Sehingga diperoleh:

$$\text{Kecepatan getaran} : v_p = -A \omega \sin(\omega t - kx) \quad (2.4)$$

$$\text{Percepatan getaran} : a_p = -A \omega^2 \cos(\omega t - kx) \quad (2.5)$$

c. Kecepatan Rambat Gelombang

Kecepatan rambat gelombang diperoleh dari hubungan: $v = \lambda f$ dan $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, sehingga:

$$v = \frac{\omega}{k} \quad (2.6)$$

d. Sudut Fase, Fase, dan Beda Fase Gelombang

Untuk menentukan sudut fase, fase, dan beda fase gelombang kita tinjau untuk gelombang berjalan ke kanan (arah sumbu x positif). Karena persamaan simpangan gelombang berjalan (2.3), dan gunakan persamaan (2.6), maka:

$$y_p = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - kx \right) = A \sin \phi_p \quad (2.7)$$

Sehingga, diperoleh:

$$\text{Sudut fase gelombang: } \phi_p = 2\pi \left(\frac{t}{T} - kx \right) \quad (2.7a)$$

$$\text{Fase gelombang: } \phi_p = \frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x \quad (2.7b)$$

$$\text{Beda fase gelombang: } \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x \quad (2.7c)$$

e. Gelombang Stasioner

Gelombang stasioner biasa juga disebut gelombang tegak, gelombang berdiri atau gelombang diam, adalah gelombang yang terbentuk dari perpaduan atau interferensi dua buah gelombang yang mempunyai amplitudo dan frekwensi sama, tapi arah rambatnya berlawanan. Amplitudo pada gelombang stasioner tidak konstan, besarnya amplitudo pada setiap titik sepanjang gelombang tidak sama. Pada simpul amplitudo nol, dan pada perut gelombang amplitudo maksimum.

(a) Gelombang stasioner pada dawai (tali) ujung bebas

Persamaan gelombang stasioner:

$$y_p = 2A \cos(kx) \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) = 2A \cos(kx) \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - kx \right) \quad (2.8)$$

Dimana: L adalah panjang tali, dan A_p = amplitudo gelombang stasioner, yang besarnya bergantung pada jarak suatu titik terhadap ujung pemantul (x).

$$A_p = 2A \cos(kx) = 2A \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Letak perut terletak dari ujung pemantul: $x = m \frac{\lambda}{2}$

dengan $m = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots$

(b) gelombang stasioner pada dawei (tali) ujung terikat

Persamaan gelombang stasioner:

$$y_p = 2A \sin(kx) \cos(\omega t - kL) = A_p \cos(\omega t - kL) \quad (2.9)$$

Dimana: L adalah panjang dawei (tali), dan A_p = amplitudo gelombang stasioner, yang besarnya bergantung pada jarak suatu titik terhadap ujung pemantul (x).

$$A_p = 2A \sin(kx) = 2A \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (2.10)$$

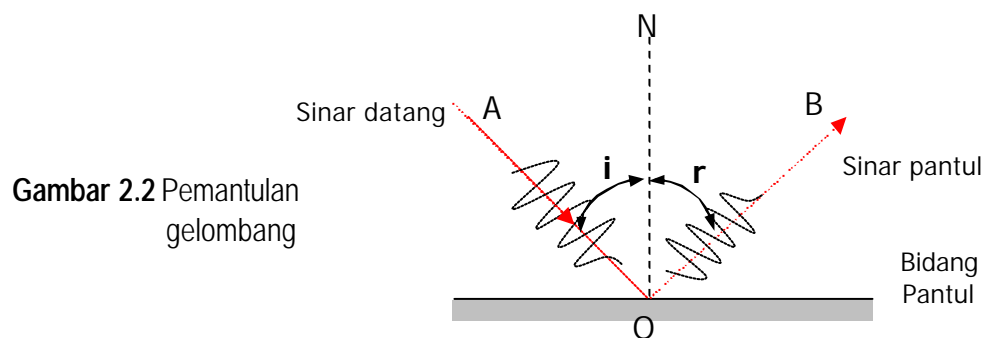
Letak perut terletak dari ujung pemantul: $x = (2m + 1) \frac{\lambda}{4}$

dengan $m = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ (2.11)

f. Sifat-Sifat Gelombang

Untuk gelombang mekanik maupun gelombang elektromagnetik, mempunyai 4 (empat) sifat dasar, di antaranya adalah pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), pembelokan (difraksi), dan penggabungan (interferensi).

☞ Pemantulan (refleksi) Gelombang dapat diamati pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pemantulan gelombang

Pada peristiwa pemantulan:

- ? Sinar datang (AO), yaitu garis yang tegak lurus dengan muka gelombang datang.
- ? Sinar pantul (OB), yaitu garis yang tegak lurus dengan muka gelombang pantul.
- ? Garis Normal (NO) yaitu garis yang tegak lurus dengan bidang datar.
- ? Sudut datang (i), adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang (AO) dengan garis normal (NO).
- ? Sudut pantul (r), adalah sudut yang dibentuk oleh sinar pantul (OB) dengan garis normal (NO).

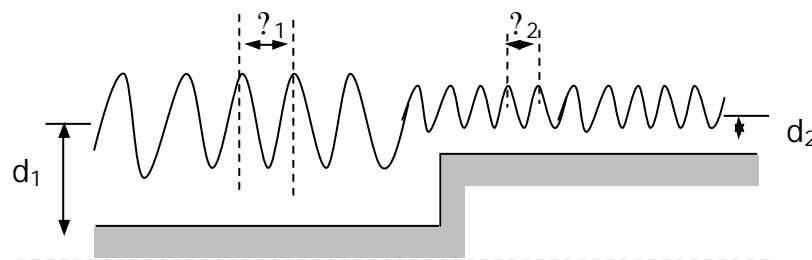
Sudut datang (i) sama dengan sudut pantul (r): ini adalah pernyataan hukum pemantulan gelombang. Berlaku untuk semua jenis gelombang.

g. Pembiasan (refraksi) Gelombang

Cepat rambat gelombang dalam satu medium adalah tetap. Dan frekwensi suatu gelombang adalah tetap, sehingga panjang gelombang ? adalah tetap juga. Cepat rambat gelombang dalam suatu medium yang berbeda tidak sama.

$$? ? v.f \quad (2.12)$$

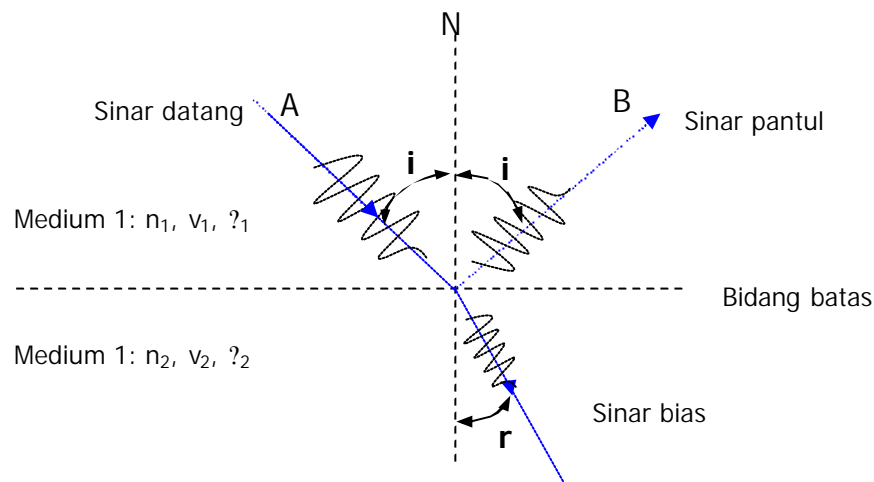
Panjang gelombang pada tempat yang lebih dalam dari permukaan adalah lebih besar dibanding dengan panjang gelombang pada daerah yang dangkal (lihat ilustrasi pada gambar berikut):



Gambar 2.3 Panjang gelombang terhadap kedalaman

Pada kedalaman d_1 ($d_1 > d_2$) maka λ_1 lebih besar dari λ_2 .

Perubahan panjang gelombang menyebabkan *pembelokan gelombang*, dan *pembelokan gelombang ini disebut: Pembiasan = refraksi*.



Gambar 2.4. pembiasa Gelombang

Sinar datang dari tempat yang dalam ke tempat yang dangkal sinar akan *dibiaskan* mendekati garis normal ($r < i$), sedang untuk sinar yang datang dari tempat yang dangkal menuju tepat yang dalam sinar akan *dibiaskan* menjauhi garis normal ($r > i$).

$$n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \quad (2.13)$$

dimana:

- n : indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1
- v_1 : cepat rambat gelombang pada medium 1 (m/s)
- v_2 : cepat rambat gelombang pada medium 2 (m/s)
- n_1 : indeks bias medium 1
- n_2 : indeks bias medium 2
- i : sudut sinar datang terhadap garis normal
- r : sudut sinar bias terhadap garis normal

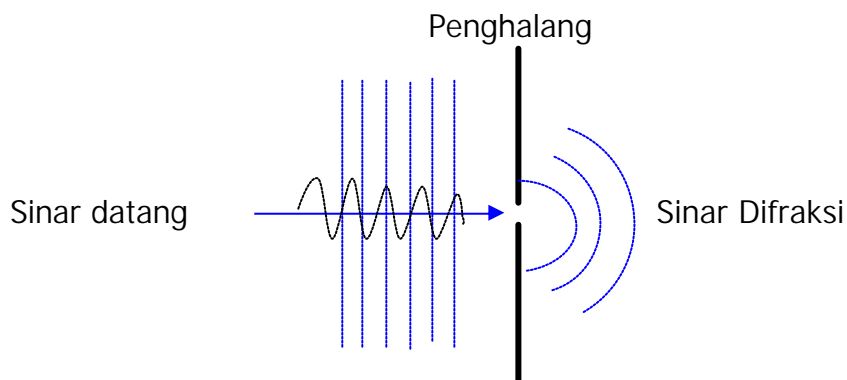
Indek bias ruang hampa ($n = \text{udara}$) = 1.

Jika medium 1 adalah udara, dimana cepat rambat gelombang diudara adalah c dengan panjang gelombang λ_0 . Dan untuk medium 2, jika cepat rambat gelombang adalah v dan panjang gelombangnya λ , maka persamaan (2.13) menjadi:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad (2.14)$$

h. Pembelokan (difraksi) Gelombang

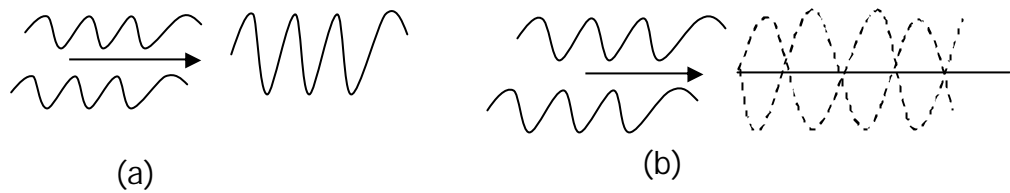
Gelombang lurus akan merambat keseluruhan medium dalam bentuk secara lurus juga. Jika gelombang dilewatkan penghalang/rintangan berupa celah sempit maka gelombang yang datang akan dibelokkan setelah melewati celah tersebut. Pembelokan gelombang karena adanya penghalang berupa celah sempit disebut *difraksi gelombang*.



Gambar 2. 5 Difraksi Gelombang oleh celah sempit

i. Penggabungan (interferensi) Gelombang

Dua gelombang yang bertemu pada suatu titik akan mengalami interferensi. Interferensi destruksi maksimum (*saling meniadakan*) terjadi jika kedua gelombang yang bertemu *fasenya berlawanan*. Interferensi konstruktif maksimum (*saling memperkuat*) terjadi jika kedua gelombang tersebut memiliki fase yang sama.



Gambar 2.6 Interferensi gelombang
 (a) Interferensi konstruktif
 (b) Interferensi destruktif

Dua titik pada gelombang *sefase* jika jarak pisahnya (Δx) sama dengan kelipatan bulat dari satu panjang gelombang: $\Delta x = n\lambda$. Dan *berlawanan fase* jika jarak pisahnya sama dengan kelipatan ganjil dari setengah panjang gelombang. $\Delta x = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$, dimana $n = 1, 2, 3, \dots$

j. Cepat Rambat Gelombang

(a) Cepat Rambat Gelombang Transversal pada Dawei (Tali)

Tinjau cepat rambat gelombang transversal pada tali/dawai. Percobaan penentuan kecepatan rambat gelombang ini dinamakan Percobaan Melde. Jika gaya tegangan pada tali adalah F , massa jenis tali $\mu = m/L$, maka kecepatan rambat gelombang dalam dawai (v) adalah:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{m/L}} \quad (2.15)$$

(b) Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal, yang dapat merambat dalam medium zat padat, gas atau zat cair. Cepat rambat gelombang bergantung pada jenis mediumnya. Pada umumnya cepat rambat gelombang pada medium zat padat lebih besar dari pada medium cair atau gas.

- 1) Cepat rambat bunyi dalam zat padat

Bergantung pada modulus Young dan massa jenis zat padat:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.16)$$

Dimana, E = modulus young (N/m^2), ρ = massa jenis zat padat (kg/m^3).

- 2) Cepat rambat bunyi dalam gas

Bergantung pada modulus suhu dan jenis gas:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (2.17)$$

Dimana, γ = konstanta laplace, R = konstanta gas umum (J/mol.K), T = suhu mutlak (K), M = massa relatif gas.

- 3) Cepat rambat bunyi dalam zat cair

Bergantung pada modulus Bulk dan massa jenis zat cair:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.18)$$

Dimana, B = modulus bulk (N/m^2), ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3).

k. Bunyi

Bunyi adalah gelombang yang merambat, yang berasal dari getaran sumber bunyi. Contoh sebagai sumber bunyi adalah gitar, pipa organa, trompet dan sebagainya. Sebagai tinjauan teoritis akan diulas untuk kasus gitar dan pipa organa.

(a) *Dawai sebagai sumber bunyi*

Mengingat bahwa kecepatan gelombang transversal pada dawai adalah:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{maka frekwensi nada dasar atau harmonik}$$

pertama pada sumber bunyi dawai adalah:

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.19)$$

Persamaan ini dikenal dengan *hukum Marsene*. Dan secara umum berlaku hubungan:

$$(1) L = (n + 1) \frac{1}{2} \lambda \quad (2.20)$$

$$(2) f_n = (n + 1) f_0 = \frac{n + 1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ dimana } n = 0, 1, 2, \dots$$

(yang berturut-turut menyatakan nada dasar pertama, kedua, ketiga dan seterusnya)

(b) *Pipa organa terbuka*

Frekwensi pada nada dasar f_0 (harmonik pertama) adalah:

$$f_0 = \frac{v}{2L}, \text{ karena } L = \frac{\lambda_0}{2} \quad (2.21)$$

dan secara umum berlaku hubungan:

$$(1) L = (n + 1) \frac{1}{2} \lambda_n \quad (2.22)$$

$$(2) f_n = (n + 1) f_0 = \frac{n + 1}{2L} v, \text{ dimana } n = 0, 1, 2, \dots$$

Dan, $f_0: f_1: f_2: \dots = 1: 2: 3: \dots$ (*dikenal dengan Hkm I Bernoulli*)

(c) *Pipa organa tertutup*

Frekwensi pada nada dasar f_0 (harmonik pertama) adalah:

$$f_0 = \frac{v}{4L}, \text{ karena } L = \frac{\lambda_0}{4} \quad (2.23)$$

dan secara umum berlaku hubungan:

$$(1) L = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda_n \quad (2.24)$$

$$(2) f_n = (2n + 1) f_0 = (2n + 1) \frac{v}{4L}, \text{ dimana } n = 0, 1, 2, \dots$$

Dan, $f_0: f_1: f_2: \dots = 1: 3: 5: \dots$ (*dikenal dengan Hkm II Bernoulli*)

I. Intensitas Gelombang Bunyi

Intensitas gelombang bunyi (I) didefinisikan sebagai energi yang dipindahkan persatuan luas persatuan waktu atau daya persatuan luas. Jika ditinjau titik berjarak r dari sumber bunyi, maka intensitas bunyi yang diterima pada titik tersebut adalah:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \text{ (Watt / m}^2\text{)} \quad (2.25)$$

Dan perbandingan intensitas gelombang bunyi pada suatu titik yang berjarak r_1 dan r_2 dari sumber bunyi adalah:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (2.26)$$

Dan apabila terdapat n sumber gelombang bunyi, maka total intensitas bunyi, merupakan jumlahan dari intensitas masing-masing sumber bunyi.

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (2.27)$$

m. Taraf Intensitas Gelombang Bunyi

Intensitas pendengaran manusia terhadap bunyi adalah terbatas, batas bawah dan batas atas bunyi yang masih bisa didengar oleh manusia masing-masing adalah: 10^{-12} W/m^2 (disebut *intensitas ambang pendengaran* I_0) dan 1 W/m^2 (disebut *intensitas ambang perasaan*). Taraf intensitas bunyi (TI) didefinisikan sebagai logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} \quad (2.28)$$

Apabila terdapat n sumber bunyi maka taraf intensitas total adalah:

$$TI_{\text{Total}} = TI + 10 \log n \quad (2.29)$$

Jika taraf intensitas di suatu titik yang berjarak r_1 adalah I_1 dan yang berjarak r_2 adalah I_2 , maka hubungan antara kedua besaran dapat dinyatakan dengan hubungan matematis sebagai berikut:

$$I_1 \propto I_2 \propto 20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2.30)$$

n. Pelayangan Bunyi

Untuk dua gelombang bunyi yang bergerak dengan arah yang sama, amplitudo sama tetapi frekwensinya berbeda, maka akan terdengar suara keras dan lemah secara bergantian. Peristiwa ini disebut *pelayangan bunyi*. Jika gelombang bunyi tersebut masing-masing mempunyai frekwensi f_1 dan f_2 , maka pelayangan bunyi kedua gelombang tersebut:

(1) Waktu antara dua pelayangan:

$$t = t_1 - t_2 = \frac{1}{|f_1 - f_2|} \quad (2.31)$$

(2) frekwensi pelayangan:

$$f = \frac{1}{t} = |f_1 - f_2| \quad (2.32)$$

o. Efek Doppler

Peristiwa perubahan frekwensi bunyi akibat gerakan sumber bunyi disebut *Efek doppler*. Frekwensi suatu gelombang bunyi akan bertambah tinggi ketika sumber bunyi atau pendengar atau keduanya saling mendekati, dan sebaliknya bertambah rendah jika sumber bunyi atau pendengar atau keduanya saling menjauhi. Dan secara matematis dinyatakan dengan formulasi sebagai berikut:

$$f_p = \frac{v + v_p}{v + v_s} f_s \quad (2.33)$$

Dimana:

- f_p = frekwensi yang didengar oleh pendengar (Hz)
- f_s = frekwensi sumber bunyi (Hz)
- v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)
- v_p = kecepatan pendengar (m/s)
- v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

Catatan: penentuan tanda v_p dan v_s adalah sebagai berikut:

- gerakan pendengar (P) menuju sumber (S) sebagai arah positif (+)
- v_p dan v_s bertanda positif (+) jika searah gerakan P ke S dan bertanda negatif (-) jika berlawanan arah dengan gerak P ke S.

Contoh Soal:

- Sebuah benda massa 2 kg melakukan getaran selaras dengan amplitudo 25 cm dan perioda 3 detik. Tentukan kecepatan maksimum, percepatan maksimum, energi kinetik maksimum dan energi potensial maksimum.

Penyelesaian:

Tinjau: persamaan simpangan getaran harmonik sederhana:

$$y = A \sin \omega t,$$

maka:

$$(1) \text{ kecepatan: } v = \frac{dy}{dt} = \omega A \cos \omega t$$

$$(2) \text{ percepatan: } a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A \sin \omega t$$

$$\begin{aligned} v_{\text{maks}} &= \omega A \\ &= \frac{2\pi}{T} A = 0,52 \text{ m/s} \\ a_{\text{maks}} &= \omega^2 A \\ &= \frac{2\pi^2}{T^2} A = 1,1 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Dan energi kinetik maksimum dan potensial maksimum:

$$\begin{aligned} E_{K_{\text{maks}}} = E_{P_{\text{maks}}} &= \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \left(\frac{2\pi}{3} \right)^2 \cdot (0,25)^2 \\ &= 0,13 \text{ Joule} \end{aligned}$$

- Suatu gelombang merambat dengan kecepatan 50 m/det, panjang gelombangnya 0,5 m. Berapa banyak gelombang yang terbentuk dalam 1 detik. Medium dianggap mempunyai panjang tidak terbatas.

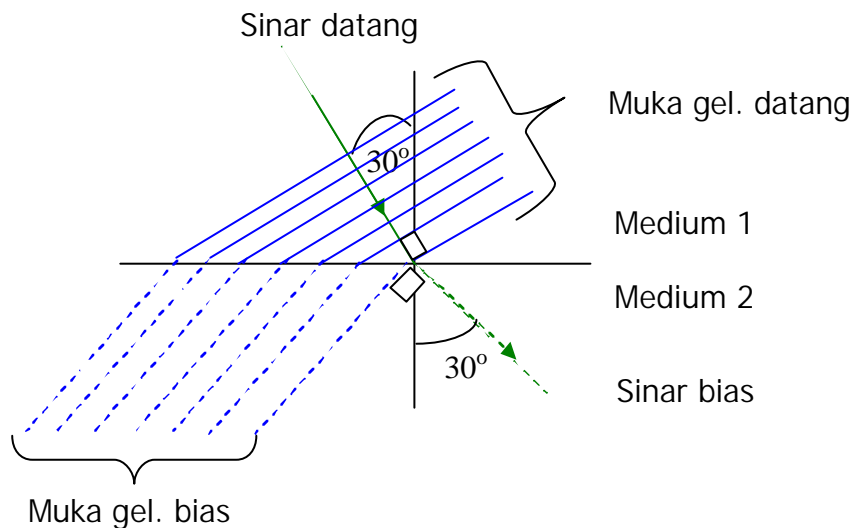
Penyelesaian:

Dari formula: $v = \lambda f$ atau $f = \frac{v}{\lambda}$ maka:

$$f = \frac{50 \text{ m/s}}{0,5 \text{ m}} = 100 \text{ Hz, jadi banyaknya gelombang}$$

dalam waktu 1 detik = $f \cdot t = 100 \text{ Hz} \cdot 1 \text{ detik} = 100$ gelombang
(ada 100 gelombang yang terbentuk dalam waktu 1 detik).

3. Sebuah gelombang lurus datang pada bidang batas antara dua medium dengan sudut datang 30° . Jika indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1 adalah 2. Tentukan sudut biasnya, lukislah sinar dan muka gelombang datang, demikian pula sinar dan gelombang bias.



Penyelesaian:

$$\frac{\sin 30}{\sin r} = 2, \text{ maka:}$$

$$\sin r = \frac{1}{2}, r = 30^\circ$$

4. Tegangan seutas dawai yang panjangnya 0,9 m diatur sedemikian rupa sehingga terjadi gelombang stasioner seperti pada gambar. Jika

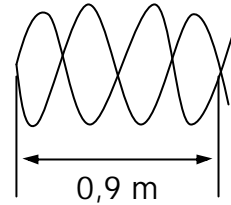
frekwensi gelombang 50 Hz, tentukan cepat rambat gelombang transversal pada dawai.

Penyelesaian:

$$L = 2 \lambda, \text{ maka } \lambda = \frac{L}{2} = 0,45 \text{ m}$$

dan

$$v = \lambda f = (0,45 \text{ m}) (50 \text{ Hz}) = 22,5 \text{ m/s}$$



5. Suatu berkas cahaya dengan panjang gelombang $4,0 \times 10^{-6}$ cm masuk dari udara ke dalam balok kaca yang indeks biasnya 1,5. Tentukan panjang gelombang cahaya di dalam kaca. Jika cepat rambat gelombang di udara $c = 3 \times 10^8$ m/s, berapa cepat rambat gelombang dalam kaca.

Penyelesaian:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v} \Rightarrow \frac{1}{1,5} \text{ maka:}$$

Bisa digunakan hubungan:

$$\frac{c}{v} = 1,5, \text{ maka } v = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,5} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

6. Sepotong dawai yang panjangnya 80 cm dan massanya 8 gram dijepit kedua ujungnya dan terentang tegang dengan tegangan 800 N. Maka frekwensi nada atas pertama adalah?

Penyelesaian:

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 0,8 \text{ m}} \sqrt{\frac{800 \text{ N}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / 0,8 \text{ m}}} = 353,6 \text{ Hz (gunakan persamaan 2.20)}$$

7. Sebuah sumber bunyi mempunyai taraf intensitas 8 bel. Jika jumlah semua sumber 10 dengan taraf intensitas yang sama dan berbunyi secara serentak, maka taraf intensitas total yang dihasilkan adalah?

Penyelesaian:

Gunakan persamaan 2.29:

$$\begin{aligned}
TI_{\text{Total}} &= TI + 10 \log n \\
&= 80 \text{ dB} + 10 \log 10 \text{ dB} \\
&= 90 \text{ dB}
\end{aligned}$$

8. Sebuah mobil polisi sambil membunyikan sirine dengan frekwensi 1600 Hz mengejar mobil lain dengan kecepatan 40 m/s. Dan kecepatan mobil yang dikejar 25 m/s. Jika kecepatan gelombang bunyi di udara 340 m/s. Tentukan frekwensi gelombang bunyi yang terdengar oleh orang di dalam mobil yang dikejar polisi tersebut.

Penyelesaian:

Gunakan persamaan: (2.33), maka:

$$\begin{aligned}
f_p &= \frac{v + v_p}{v + v_s} f_s \\
&= 1600 \times \frac{340 + 25}{340 + 40} = 1.326 \text{ Hz}
\end{aligned}$$

c. Rangkuman

- ☞ *Gelombang* adalah getaran atau energi yang merambat.
 - ☞ *Gelombang mekanik*,: adalah gelombang yang membutuhkan medium untuk merambat.
 - ☞ *Gelombang elektromagnetik*,; adalah gelombang yang tidak membutuhkan medium untuk merambat.
 - ☞ *Gelombang transversal*, adalah gelombang yang arah getar dan arah rambatnya saling tegak lurus. *Gelombang longitudinal* adalah gelombang yang arah getar dan arah rambatnya sejajar.
- Persamaan dasar gelombang:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

- ☞ Sifat umum gelombang, pemantulan (*refleksi*), pembiasan (*refraksi*), pembelokan (*difraksi*), dan penggabungan (*interferensi*)
- ☞ *Muka gelombang*, adalah tempat kedudukan titik-titik pada gelombang yang mempunyai fase yang sama. Jarak antara muka gelombang yang berdekatan sama dengan panjang gelombang (λ).
- ☞ *Pembiasan* adalah pembelokan gelombang yang datang dari suatu medium menuju medium lain yang berbeda. Dan berlaku hubungan sebagai berikut:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad \text{atau} \quad \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

- ☞ *Difraksi* adalah pembelokan gelombang ketika gelombang melalui penghalang berupa celah sempit.
- ☞ *Interferensi* adalah penggabungan antara dua gelombang atau lebih pada suatu titik. Terjadi *interferensi konstruktif* (saling menguatkan) jika gelombang yang berinterferensi tersebut memiliki fase yang sama. Sebaliknya akan terjadi *interferensi destruktif* (saling melemahkan) jika gelombang-gelombang yang berinterferensi tersebut fasenya berlawanan.
- ☞ Jika ditinjau titik berjarak r dari sumber bunyi, maka intensitas bunyi yang diterima pada titik tersebut adalah:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \text{ (Watt / m}^2\text{)}$$

Dan perbandingan intensitas gelombang bunyi pada suatu titik yang berjarak r_1 dan r_2 dari sumber bunyi adalah:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

Jika terdapat n sumber gelombang bunyi, maka total intensitas bunyi adalah:

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

- ☞ Taraf intensitas bunyi (TI) didefinisikan sebagai logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)}$$

Jika terdapat n sumber bunyi maka taraf intensitas total adalah:

$$TI_{\text{Total}} = TI + 10 \log n$$

Jika taraf intensitas di suatu titik yang berjarak r_1 adalah TI_1 dan

yang berjarak r_2 adalah TI_2 : $TI_1 - TI_2 = 20 \log \frac{r_2}{r_1}$

- ☞ Peristiwa perubahan frekwensi bunyi akibat gerakan sumber bunyi disebut *Efek doppler*. Dan secara matematis dinyatakan dengan

$$\text{formulasi sebagai berikut: } f_p = \frac{v + v_p}{v + v_s} f_s$$

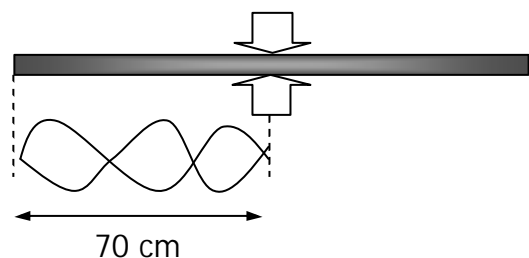
d. Tugas

1. Jelaskan perbedaan prinsip antara konsep getaran dan konsep gelombang!
2. Di antara karakteristik manakah dari sebuah gelombang yang selalu berubah ketika suatu gelombang dipantulkan, dibiaskan atau didifraksikan (panjang gelombang, cepat rambat gelombang, periode, frekwensi, dan arah rambat). Jelaskan!
3. Jelaskan bagaimana sifat gelombang jika dirambatkan dari satu medium ke medium yang lain. Tinjau karakteristik besaran-besaran yang terkait panjang gelombang, indeks bias medium, cepat rambat gelombang, dan sudut bias gelombang.
4. Berkas cahaya merambat melewati satu medium ke medium yang lain. Jelaskan besaran apa saja yang berubah dan yang tidak berubah!

5. Sebuah gelombang transversal mempunyai periode 3 s. Jika jarak antara titik yang berurutan yang sama fasenya 9 cm, maka tentukan berapa cepat rambat gelombang tersebut.
6. Jika amplitudo suatu gelombang dijadikan 3 kalinya, maka bagaimana dengan kecepatan, percepatan dan energi gelombang. Jelaskan!
7. Dalam perambatannya gelombang bunyi memindahkan energi. Besar energi yang dirambatkan bergantung pada apa saja, jelaskan!
8. Dapatkah gelombang bunyi mengalami peristiwa: *interferensi, difraksi, refraksi, polarisasi dan refleksi*. Jelaskan!
9. Jika sumber bunyi di udara bergetar dengan frekwensi 1360 Hz dan kecepatan perambatannya adalah 340 m/s. Jika sumber bunyi lain mempunyai frekwensi 680 Hz. Bagaimana kecepatan perambatan gelombang bunyi tersebut di udara yang mempunyai kondisi yang sama dengan sumber pertama tadi. Jelaskan!
10. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang *frekwensi audio, frekwensi infrasonik dan frekwensi ultrasonik*. Dan apa yang anda ketahui tentang ultrasonografi. Jelaskan!

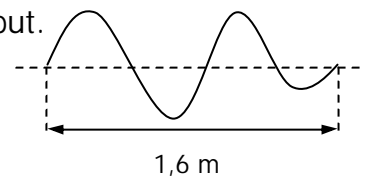
e. Tes Formatif

1. Suatu berkas cahaya dengan panjang gelombang $8,0 \times 10^{-6}$ cm masuk dari udara ke dalam balok kaca yang indek biasanya 1,5. Tentukan panjang gelombang cahaya di dalam kaca. Jika cepat rambat gelombang diudara $c = 3 \times 10^8$ m/s, berapa cepat rambat gelombang dalam kaca.
2. Sebuah balok yang panjangnya 140 cm dijepit dengan kuat tepat ditengahnya. Ternyata diantara ujung bebas dan



bagian balok yang dijepit (ujung tetap) terjadi gelombang stasioner seperti pada gambar. Jika frekwensi resonansi sehubungan dengan gelombang stasioner tersebut adalah 7 kHz. Tentukan cepat rambat gelombang pada balok.

3. Frekwensi sebuah pembangkit gelombang air adalah 40 Hz ketika jarak antara dua muka gelombang berdekatan adalah 2,0 cm. Jika frekwensi pembangkit diubah, maka jarak antar muka gelombang terdekat adalah 5,0 cm. Tentukan frekwensi baru pembangkit tersebut.
4. Bila garbu tala digetarkan pada dawai, terjadi gelombang stasioner seperti pada gambar berikut, berapakah kecepatan rambat gelombang pada dawai tersebut.



5. Sebuah gelombang lurus datang pada bidang batas antara dua medium dengan sudut datang 30° . Jika indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1 adalah $\frac{1}{2}\sqrt{2}$. Tentukan sudut biasnya.
6. Dua gelombang berjalan mempunyai amplitudo dan frekwensi yang sama bergerak dalam arah yang berlawanan, dan menghasilkan gelombang stasioner. Persamaan kedua gelombang adalah: $y_1 = 4 \sin 2\pi t - \pi x$ dan $y_2 = 4 \sin 2\pi t + \pi x$ dengan y dan x dalam cm dan t dalam sekon. Tentukan amplitudo dari titik yang terletak pada $x = 1$ cm.
7. Dua buah mobil saling mendekat dengan kecepatan 26 m/s dan 20 m/s. Pengemudi mobil pertama membunyikan klakson dengan frekwensi 2500 Hz, tentukan frekwensi yang terdengar oleh mobil kedua. Jika kecepatan bunyi diudara 330 m/s.
8. Agar taraf intensitas bunyi berkurang 30 dB, maka jarak titik tempat pendengar ke suatu sumber bunyi harus dijadikan berapa kali.

9. Tinjau sumber bunyi mempunyai taraf intensitas 30 dB, jika ada 100 sumber bunyi yang identik, dibunyikan secara serentak, tentukan taraf intensitas yang dihasilkan. Dan berapa intensitas total sumber bunyi tersebut.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. $5,33 \times 10^{-8} \text{ m}$
2. 32,67 m/s
3. 16 Hz
4. 352 m/s
5. $r = 45^\circ$
6. 8 cm
7. 2.878 Hz
8. $r_2 = 54,8 r_1$
9. 50 dB

g. Lembar Kerja

Menentukan cepat rambat bunyi di udara

A. Bahan:

- ✍ Air
- ✍ Kertas untuk menggambar grafik

B. Alat:

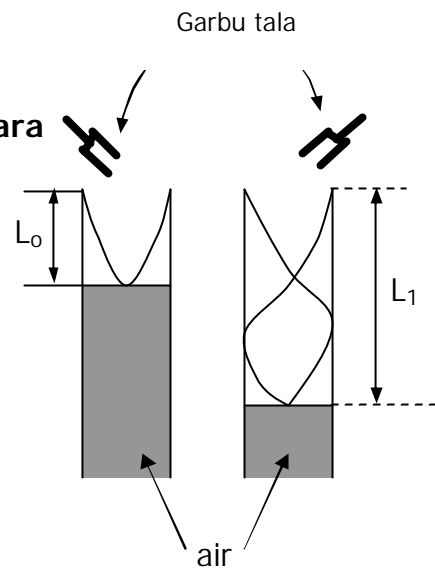
- ✍ 2 buah garbu tala
- ✍ 2 set pipa organa tertutup
- ✍ meteran
- ✍ gelas ukur
- ✍ Stop wath

C. Langkah kerja:

1. Isi pipa organa (dari gelas) dengan air dengan ketinggian air yang berbeda (lihat gambar).
2. Bunyikan gardu tala di atas pipa organa, dan pastikan terjadi penguatan bunyi.
3. Setelah terjadi penguatan bunyi (resonansi bunyi terjadi), ukur ketinggian rongga udara di atas air pada pipa organa
4. Hubungan ketinggian rongga udara dengan panjang gelombang, dinyatakan dengan: $\lambda_n = \frac{4L_n}{(2n + 1)}$, dengan $n = 0, 1, 2, \dots$ yang berturut-turut menyatakan untuk nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua dan seterusnya.
5. Karena frekwensi gardu tala sudah diketahui maka cepat rambat bunyi di udara dapat dihitung dengan menggunakan formulasi:

$$v = f \lambda_n$$

$$= \frac{4L_n}{(2n + 1)} \cdot f$$



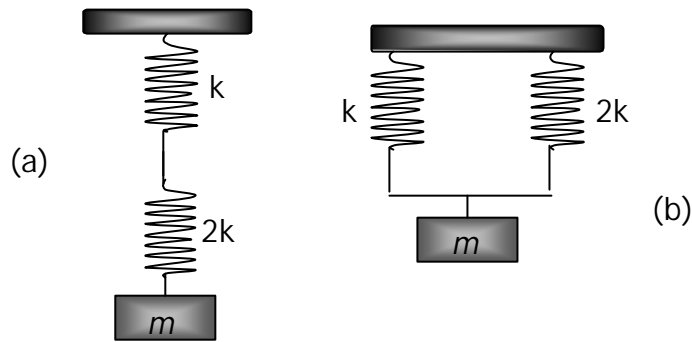
Tabel 1.1

n	L_n (cm)	v (m/s)
0		
0		
1		
1		
2		
2		
3		
3		

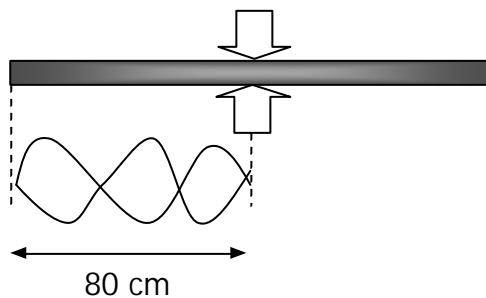
BAB III. EVALUASI

A. Tes Tertulis

1. Suatu berkas cahaya dengan panjang gelombang $4,0 \times 10^{-6}$ cm masuk dari udara ke dalam balok kaca yang indek biasnya 1,5. Tentukan panjang gelombang cahaya didalam kaca. Jika cepat rambat gelombang diudara $c = 3 \times 10^8$ m/s, berapa cepat rambat gelombang dalam kaca.
2. Tentukan harga perbandingan antara f_a : f_b untuk sistem pegas berikut ini:



3. Sebuah balok yang panjangnya 160 cm dijepit dengan kuat tepat di tengahnya. Ternyata di antara ujung bebas dan bagian balok yang dijepit (ujung tetap) terjadi gelombang stasioner seperti pada gambar. Jika frekwensi resonansi sehubungan dengan gelombang stasioner tersebut adalah 4 kHz. Tentukan cepat rambat gelombang pada balok.



4. Sebuah getaran pegas memiliki amplitudo 4 cm, tentukan simpangan getaran sederhana, pada saat energi kinetik benda sama dengan 2 kali energi potensial.
5. Agar taraf intensitas bunyi berkurang 10 dB, maka jarak titik tempat pendengar ke suatu sumber bunyi harus dijadikan berapa kali.
6. Tinjau sumber bunyi mempunyai taraf intensitas 40 dB, jika ada 100 sumber bunyi yang identik, dibunyikan secara serentak, tentukan taraf intensitas yang dihasilkan. Dan berapa intensitas total sumber bunyi tersebut. ($\log 2 = 0,301$).
7. Sepotong dawai yang panjangnya 80 cm dan massanya 8 gram dijepit kedua ujungnya dan terentang tegang dengan tegangan 800 N. Maka frekwensi nada atas pertama adalah?
8. Suatu berkas cahaya dengan panjang gelombang $6,0 \times 10^{-6}$ cm masuk dari udara ke dalam air yang indek biasnya 1,4 Tentukan panjang gelombang cahaya didalam kaca. Jika cepat rambat gelombang diudara $c = 3 \times 10^8$ m/s, berapa cepat rambat gelombang dalam kaca.
9. Kereta api bergerak dengan laju 36 km/jam menuju stasiun sambil membunyikan sirine. Bunyi sirine itu terdengar oleh orang yang sedang menunggu di stasiun dengan frekwensi 720 Hz. Laju bunyi di udara 340 m/s. Tentukan berapa frekwensi sirine tersebut.
10. Sebuah kapal menggunakan pulsa ultrasonik untuk menentukan ke dalaman laut. Pulsa dikirimkan ke dasar laut, dan pulsa pantulan terdeteksi 4 sekon kemudian. Berapa kedalaman laut tersebut, jika kecepatan bunyi dalam air laut 1600 m/s.

B. Tes Praktek

🔪 Tujuan:

Menentukan percepatan gravitasi bumi

🔪 Bahan :

☞ Beban / bola pejal

☞ Benang nilon

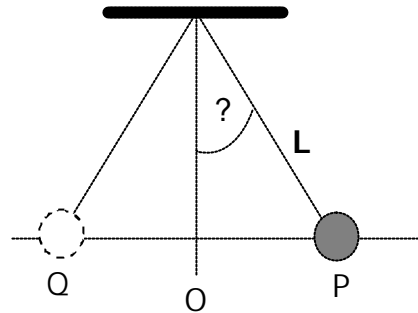
🔪 Alat :

☞ Statif dengan klem

☞ Mistar / penggaris

☞ Stop watch

☞ Busur derajat



🔪 Langkah kerja :

1. Membuat sistem seperti pada gambar, dengan panjang tali tertentu (cukup, $L \gg x$)
2. Menyimpangkan ayunan dengan θ kecil ($< 10^\circ$)
3. Melepas beban kemudian mencatat waktu (t) untuk 10 kali ayunan, dari pengukuran ini diperoleh T (periode).
4. Mengulangi langkah (1-3), dengan panjang tali yang berbeda-beda.
5. Dengan data pengukuran tersebut gunakan kertas grafik untuk menentukan percepatan gravitasi.

Tabel 1.1

Perc. ke	L	t
1		
2		
3		
4		
5		
dst		

KUNCI JAWABAN

A. Kunci Jawaban Tes Tertulis

1. $2,67 \times 10^{-8} \text{ m}$
2. $f_a : f_b = \sqrt{2} : 3$
3. $21,33 \text{ m/s}$
4. $? 2,3 \text{ cm}$
5. $r_2 = 3,16 r_1$
6. $63,01 \text{ dB}$
7. 125 Hz
8. $2,14 \times 10^8 \text{ m/s}$
9. $698,8 \text{ Hz}$
10. 3.200 m

LEMBAR PENILAIAN TES PESERTA DIKLAT

Nama Peserta :
 No. Induk :
 Program Keahlian :
 Nama Jenis Pekerjaan:

PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1	2	3	4	5
I	Perencanaan			
	1.1.Persiapan alat dan bahan	2		
	1.2.Analisis model susunan	3		
	Sub total	5		
II	Model Susunan			
	2.1.Penyiapan model susunan	3		
	2.2.Penentuan data instruksi pd model	2		
	Sub total	5		
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)			
	3.1.Prosedur pengambilan data	10		
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	8		
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan	10		
	3.4.Cara melakukan perhitungan data	7		
	Sub total	35		
IV	Kualitas Produk Kerja			
	4.1.Hasil perhitungan data	5		
	4.2.Hasil grafik dari data perhitungan	10		
	4.3.Hasil analisis	10		
	4.4.Hasil menyimpulkan	10		
	Sub total	35		
V	Sikap/Etos Kerja			
	5.1.Tanggung jawab	3		
	5.2.Ketelitian	2		
	5.3.Inisiatif	3		
	5.4.Kemadirian	2		
	Sub total	10		
VI	Laporan			
	6.1.Sistematika penyusunan laporan	6		
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	4		
	Sub total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriteria penilaian	Skor
1	2	3	4
I	Perencanaan 1.1.Persiapan alat dan bahan	? Alat dan bahan disiapkan sesuai kebutuhan	2
	1.2.Analisis model susunan	? Merencanakan menyusun model	3
II	Model Susunan 2.1.Penyiapan model susunan	? Model disiapkan sesuai dengan ketentuan	3
	2.2.Penentuan data instruksi pd model	? Model susunan dilengkapi dengan instruksi penyusunan	2
III	Proses (Sistematika & Cara kerja) 3.1.Prosedur pengambilan data	? Mengukur tinggi rongga udara pada pipa organa L_n , menghitung panjang gelombang λ_n	10
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	? Mengatur ketinggian rongga udara pipa organa, sehingga terjadi resonansi dengan bunyi garbu tala.	8
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan	? Melengkapi data pengamatan dan pengukuran dalam tabel	9
	3.4.Cara melakukan perhitungan data	? Langkah menghitung kecepatan bunyi di udara	3
IV	Kualitas Produk Kerja 4.1.Hasil perhitungan data	? Perhitungan dilakukan dengan cermat sesuai prosedur	
	4.2.Hasil grafik dari data perhitungan	? Pemuatan skala dalam grafik dilakukan dengan benar	

	4.3.Hasil analisis	? Analisis perhitungan langsung dengan metode grafik sesuai/saling mendukung	
	4.4.Hasil menyimpulkan	? Kesimpulan sesuai dengan konsep teori	
	4.5. Ketepatan waktu	? Pekerjaan diselesaikan tepat waktu	
V	Sikap/Etos Kerja 5.1.Tanggung jawab	? Membereskan kembali alat dan bahan setelah digunakan	
	5.2.Ketelitian	? Tidak banyak melakukan kesalahan	
	5.3.Inisiatif	? Memiliki inisiatif bekerja yang baik	
	5.4.Kemadirian	? Bekerja tidak banyak diperintah	
VI	Laporan 6.1.Sistematika penyusunan laporan	? Laporan disusun sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan	
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	? Melampirkan bukti fisik	

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke modul berikutnya, dengan topik sesuai dengan peta kedudukan modul.

Jika anda sudah merasa menguasai modul, mintalah guru/instruktur anda untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang kompeten apabila anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi yang disediakan dalam modul ini, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Dan selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan apabila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Halliday dan Resnick, 1991. *Fisika jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Bob Foster, 1997. *Fisika SMU*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Gibbs, K, 1990. *Advanced Physics*. New York : Cambridge University Press.

Martin Kanginan, 2000. *Fisika SMU*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Supriyanto, 2003. *Fisika SMU*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Tim Dosen Fisika ITS, 2002. *Fisika I*. Surabaya: Penerbit ITS.