Modul Pembelajaran

Gerak Harmonik Sederhana

Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)

IDENTITAS SISWA

Kelompok : .....
Anggota Kelompok : .....
.....
.....
.....

Disusun Oleh :

Puspa Ningrum Musayyadah

UIN Sunan Gunung Djati Bandung

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran :

1. Peserta didik mampu mengamati fenomena GHS pada sistem bandul sederhana dan massa-pegas serta mengidentifikasi ciri gerak periodik.
2. Peserta didik mampu mengajukan pertanyaan ilmiah terkait faktor-faktor yang memengaruhi periode getaran pada sistem bandul dan pegas.
3. Peserta didik mampu memprediksi hubungan antara panjang tali, massa, konstanta pegas, dan simpangan terhadap periode getaran.
4. Peserta didik mampu merencanakan dan melakukan percobaan untuk menyelidiki hubungan antara panjang tali dan periode getaran pada sistem bandul sederhana dengan menentukan variabel bebas, terikat, dan kontrol.
5. Peserta didik mampu mengumpulkan data periodegetaran melalui percobaan bandul sederhana secarasistematis dan berulang.
6. Peserta didik mampu menginterpretasi data dalam bentuktabel dan grafik untuk menemukan hubungan antarapanjang tali dan periode getaran.
7. Peserta didik mampu menyusun kesimpulan berdasarkanhasil analisis data dan mengaitkannya dengan konsepgerak harmonik sederhana pada sistem bandul.
8. Peserta didik mampu mengomunikasikan hasilpenyelidikan dalam bentuk laporan dan presentasi ilmiah.

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Peta Konsep

GERAK HARMONIK SEDERHANA (GHS)

adalah

Gerak bolak-balik suatu benda melalui titik kesetimbangan secara periodik (berulang dalam selang waktu yang sama) karena adanya gaya pemulih yang selalu mengarahkan kembali ke titik kesetimbangan.

CIRI-CIRI GHS

- Gerak bolak-balik melalui titik kesetimbangan
- Terjadi secara periodik
- Dipengaruhi oleh gaya pemulih
- Energi mekanik tetap (tanpa gaya luar seperti gesekan)

CONTOH DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

- Ayunan bandul pada jam dinding
- Getaran pegas
- Ayunan di taman bermain
- Getaran senar alat musik

memiliki konsep utama

1. BESARAN-BESARAN DALAM GHS

a. Periode (T)

Waktu untuk satu getaran penuh.

$$T = \frac{t}{N}$$

t = waktu total (s)
N = jumlah getaran

b. Frekuensi (f)

Jumlah getaran tiap satuan waktu.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$$

f = frekuensi (Hz)

c. Simpangan (y)

Posisi benda terhadap titik kesetimbangan.

- y = 0 di titik kesetimbangan
- y maksimum = amplitudo (A) di posisi terjauh

d. Amplitudo (A)

Simpangan maksimum dari titik kesetimbangan.

2. SIMPANGAN DAN FUNGSI WAKTU

Simpangan pada GHS dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu:

$$y = A\sin(\omega t + \varphi)$$

Keterangan:
y = simpangan (m)
A = amplitudo (m)
ω = frekuensi sudut (rad/s)
t = waktu (s)
φ = fase awal (rad)

Hubungan frekuensi sudut (ω) dengan periode (T) dan frekuensi (f):

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

Sehingga persamaan simpangan dapat ditulis sebagai:

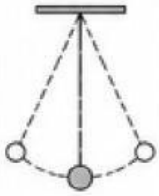
$$y = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

atau $y = A\sin(2\pi ft + \varphi)$

3. SISTEM GHS

a. Sistem Bandul Sederhana

Terdiri dari massa (m) yang digantung pada tali panjang (L) dan dapat berayun bebas.



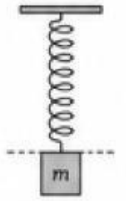
Jika simpangan kecil ($\theta < \approx 15°$):

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

Keterangan:
L = panjang tali (m)
g = percepatan gravitasi (m/s²)
π = 3,14159

b. Sistem Pegas (Massa–Pegas)

Terdiri dari pegas dengan konstanta pegas (k) yang diberi beban (m).



Periode getaran pegas:

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

Keterangan:
m = massa beban (kg)
k = konstanta pegas (N/m)
π = 3,14159

4. ENERGI DALAM GHS

Energi mekanik merupakan jumlah energi kinetik (E_k) dan energi potensial (E_p).

$$E_m = E_k + E_p$$

tanpa gaya luar (seperti gesekan), energi mekanik tetap.

Selama satu siklus getaran:

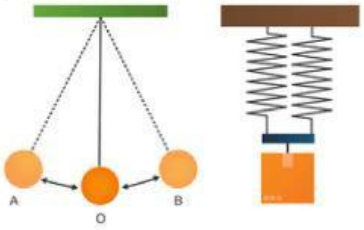
- Pada simpangan maksimum ($y = \pm A$): $v = 0$, E_p maksimum, $E_k = 0$
- Di titik kesetimbangan ($y = 0$): v maksimum, E_k maksimum, E_p minimum
- Energi berubah bentuk tetapi tidak hilang.

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Materi

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai gerak bolak-balik yang terjadi secara berulang, misalnya ayunan bandul pada jam dinding atau getaran pegas. Gerak seperti ini disebut Gerak Harmonik Sederhana (GHS). Gerak Harmonik Sederhana adalah gerak suatu benda yang bergerak bolak-balik melalui titik kesetimbangan dan berlangsung secara periodik (berulang dalam selang waktu yang sama). Gerak ini terjadi karena adanya gaya pemulih, yaitu gaya yang selalu mengarah kembali ke titik kesetimbangan. Semakin jauh benda menyimpang dari titik setimbang, semakin besar gaya yang menariknya kembali. Inilah yang menyebabkan gerak menjadi teratur dan berulang.

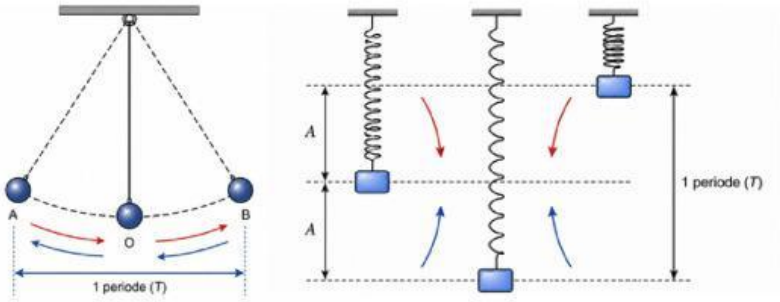


(a) (b)

Gambar 1. GHS Pada; (a) Bandul; dan (b) Pegas

A. Besaran-besaran dalam GHS

Untuk memahami GHS, terdapat beberapa besaran penting yang perlu dipahami, yaitu periode, frekuensi, simpangan, dan amplitudo. Periode adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu kali getaran penuh.



(a) (b)

Gambar 2. Gerak Periodik pada; (a) Bandul; dan (b) Pegas

Periode dapat dinyatakan secara matematis sebagai:

$$T = \frac{t}{n}$$

keterangan:

T = Periode getaran (s),
t = waktu total getaran (s) dan
n = jumlah getaran.

LIVEWORKSHEETS

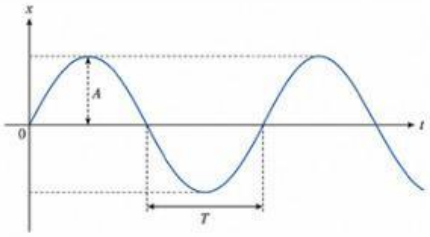
Periode berhubungan terbalik dengan frekuensi (*f*), sehingga frekuensi getaran dapat dinyatakan sebagai:

$$f = \frac{1}{T}$$

Persamaan periode dan frekuensi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik getaran suatu sistem dapat dianalisis secara kuantitatif melalui pengukuran waktu dan jumlah getaran. Hubungan terbalik antara periode dan frekuensi mengindikasikan bahwa semakin cepat suatu sistem bergetar, maka waktu yang diperlukan untuk satu getaran penuh akan semakin kecil. Konsep ini menjadi dasar penting dalam kegiatan eksperimen GHS untuk melatih ketelitian pengukuran dan analisis data.

B. Simpangan pada GHS

Simpangan merupakan besaran yang menyatakan posisi benda terhadap titik kesetimbangan pada suatu waktu tertentu. Simpangan bernilai nol ketika benda berada di titik kesetimbangan dan bernilai maksimum ketika benda berada pada posisi terjauh dari titik setimbang. Nilai simpangan maksimum disebut amplitudo.



Gambar 3. Fungsi Sinusoidal

Simpangan pada GHS dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu dengan persamaan berikut:

$$y = A\ sin\ (\omega t)$$

keterangan:

y = simpangan *(m),*
A = amplitudo *(m),*
ω = frekuensi sudut *(rad/s),* dan
t = waktu tempuh *(sekon).*

Frekuensi sudut berhubungan dengan periode dan frekuensi melalui persamaan:

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

sehingga persamaan simpangan juga dapat dituliskan sebagai:

$$y = A\ sin\ (2\pi f t)$$

LIVEWORKSHEETS

C. Sistem Gerak Harmonik Sederhana

Dalam pembelajaran fisika, terdapat dua sistem utama yang digunakan untuk mempelajari GHS, yaitu bandul sederhana dan sistem massa-pegas.

1.Sistem Bandul Sederhana

Bandul sederhana terdiri dari sebuah massa yang digantung pada tali dan dapat berayun bebas. Jika simpangan kecil, yaitu ketika sudut simpangan kurang dari sekitar 15°. periode bandul dapat dihitung dengan persamaan:

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

keterangan:

L = panjang tali bandul (*m*),
g = percepatan gravitasi (*m/s*) dan
π = konstanta (3,14159).

Persamaan periode bandul sederhana tersebut memberikan makna fisis bahwa periode getaran ditentukan oleh panjang tali dan percepatan gravitasi, bukan oleh massa bandul. Hal ini menjadikan bandul sederhana sebagai sistem yang ideal untuk eksperimen GHS, karena peserta didik dapat memfokuskan penyelidikan pada satu variabel bebas, yaitu panjang tali, sementara variabel lain dikendalikan.

Konsep bandul sederhana dapat ditemukan dalam berbagai aktivitas sehari-hari, misalnya pada ayunan di taman bermain dan metronom musik. Ayunan yang bergerak bolak-balik melalui titik keseimbangan menunjukkan perilaku yang serupa dengan bandul sederhana, terutama ketika sudut simpangannya kecil. Demikian pula, metronom musik memanfaatkan gerakan periodik sebuah bandul untuk menghasilkan ketukan yang teratur sebagai panduan tempo dalam bermain musik. Kedua contoh tersebut menunjukkan bahwa prinsip gerak harmonik sederhana tidak hanya dipelajari secara teoritis, tetapi juga banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari untuk membantu berbagai aktivitas manusia.

(a)

(b)

Gambar 4. Contoh Bandul dalam Kehidupan Sehari-hari;
(a) Ayunan; dan (b) Metronom Musik

LIVEWORKSHEETS

2.Sistem Pegas

Sistem pegas terdiri dari sebuah pegas yang diberi beban sehingga dapat bergetar. Periode getaran pegas dirumuskan sebagai:

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

keterangan:

T = periode getaran (*s*),
m = massa beban (*kg*) dan
k = konstanta pegas.

Dalam kehidupan sehari-hari, pegas dapat ditemukan pada berbagai benda, seperti suspensi kendaraan, pulpen tekan, kasur pegas, dan neraca pegas. Suspensi kendaraan menggunakan pegas untuk meredam guncangan saat melewati jalan yang tidak rata, pulpen tekan memanfaatkan pegas agar ujung pena dapat keluar dan masuk, kasur pegas membantu menopang beban tubuh agar tetap nyaman, sedangkan neraca pegas menggunakan pertambahan panjang pegas untuk mengukur gaya atau berat benda.

(a) (b) (c) (d)

Gambar 6. Contoh pegas dalam kehidupan sehari-hari;
(a) Suspensi Kendaraan; (b) Pulpen Taken; (c) Kasur Pegas; dan (d) Neraca Pegas.

D. Energi dalam Gerak Harmonik Sederhana

Perubahan simpangan pada Gerak Harmonik Sederhana menyebabkan perubahan kecepatan benda yang dapat dijelaskan melalui konsep energi mekanik. Energi mekanik merupakan jumlah energi kinetik dan energi potensial yang nilainya tetap jika tidak ada gaya luar seperti gesekan. Selama satu siklus getaran, energi tidak hilang, tetapi berubah bentuk. Pada simpangan maksimum, kecepatan nol sehingga energi berupa energi potensial maksimum. Sebaliknya, di titik kesetimbangan, kecepatan maksimum sehingga energi kinetik maksimum.

Setelah memahami konsep dasar Gerak Harmonik Sederhana, peserta didik selanjutnya melakukan kegiatan penyelidikan untuk melatih keterampilan proses sains melalui tahapan HOT-Lab.

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Kegiatan Pembelajaran

Tahap Pra-Lab

Real World Problem

Sebuah laboratorium pendidikan fisika sedang mengembangkan jam bandul edukatif yang akan digunakan sebagai alat demonstrasi Gerak Harmonik Sederhana (GHS) di sekolah. Jam tersebut dirancang agar tetap menunjukkan waktu yang akurat meskipun digunakan oleh banyak peserta didik dalam kegiatan praktikum.

Namun, setelah diuji coba, ditemukan bahwa jam bandul tersebut sering menunjukkan selisih waktu ketika digunakan oleh kelompok yang berbeda. Setiap kelompok melepas bandul dengan kondisi awal yang tidak selalu sama. Hal ini memunculkan perdebatan di antara tim pengembang mengenai faktor apa yang paling berpengaruh terhadap periode ayunan bandul.

Gambar 7. Jam Bandul

Beberapa anggota tim mengemukakan pendapat yang berbeda sebagai berikut:

1. Menurut Dira, ketidaktepatan waktu pada jam bandul terutama disebabkan oleh perbedaan panjang tali bandul. Ia berpendapat bahwa semakin panjang tali bandul, maka periode getaran akan semakin besar, sehingga jam akan berjalan lebih lambat. Oleh karena itu, ia menyarankan agar panjang tali bandul dibuat sependek mungkin dan dijaga tetap konstan.
2. Raka berpendapat bahwa masalah utama bukan terletak pada panjang tali, melainkan pada besar simpangan awal saat bandul dilepaskan. Menurutnya, peserta didik sering menarik bandul dengan sudut yang berbeda-beda. Ia meyakini bahwa semakin besar simpangan awal, maka bandul membutuhkan waktu lebih lama untuk menyelesaikan satu getaran.
3. Sinta memiliki pandangan berbeda. Ia berpendapat bahwa baik panjang tali maupun besar simpangan awal tidak terlalu memengaruhi periode getaran, selama simpangan relatif kecil. Menurutnya, faktor yang paling berpengaruh justru adalah energi mekanik sistem yang berubah akibat gesekan udara dan gesekan pada titik gantung bandul.

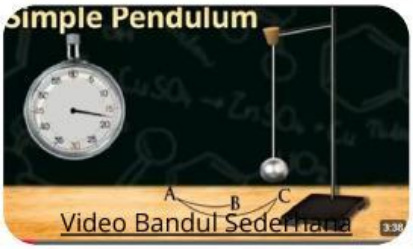
Perbedaan pendapat tersebut membuat tim tidak dapat langsung menentukan desain jam bandul yang paling stabil. Untuk memastikan pendapat mana yang paling sesuai dengan konsep Gerak Harmonik Sederhana, lakukanlah eksperimen terhadap sistem bandul sederhana dengan memvariasikan panjang tali dan besar simpangan awal, serta mengamati pengaruhnya terhadap periode getaran!

LIVEWORKSHEETS

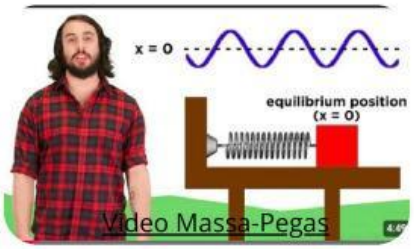
Gerak Harmonik Sederhana

Mengamati

Amati fenomena GHS pada bandul sederhana dan juga pegas yang ditunjukkan melalui kedua video berikut:



Video Bandul Sederhana



Video Massa-Pegas

Tuliskan Informasi apa saja yang anda dapatkan dari kedua video tersebut!

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

Mengajukan Pertanyaan

Berdasarkan kedua video yang telah ditonton dan informasi yang telah anda kumpulkan, ajukan pertanyaan ilmiah yang dapat diuji melalui eksperimen!
(Seperti hubungan antar variabel).

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

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Pertanyaan Konseptual

Mengapa periode getaran bandul dapat tetap sama meskipun energi mekanik sistem berubah? Jelaskan berdasarkan konsep GHS!

Dalam GHS, periode getaran pada sistem bandul tidak bergantung pada massa, sedangkan pada sistem pegas periode dipengaruhi oleh massa.
Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Jelaskan berdasarkan konsep gaya pemulih dan karakteristik masing-masing sistem!

Pertanyaan Eksperimen

Sebuah eksperimen dilakukan untuk menentukan periode getaran bandul sederhana.
Eksperimen pertama dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran dengan periode rata-rata 2,1 s.
Eksperimen kedua dilakukan sebanyak 5 kali pengukuran dengan periode rata-rata 2,7 s.
Jika nilai periode teoritis adalah 2,0 s, Eksperimen manakah yang lebih akurat dan presisi? Jelaskan alasan Anda berdasarkan data.

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Menentukan dan Mengevaluasi Ide

Berdasarkan real world problem, pertanyaan konseptual, dan pertanyaan eksperimen yang telah kalian pelajari sebelumnya, kemukakan beberapa ide yang menurut kalian dapat digunakan untuk menyelidiki faktor-faktor yang memengaruhi periode getaran bandul sederhana.

Pilih satu ide yang paling memungkinkan untuk dilakukan melalui kegiatan eksperimen. Jelaskan alasan pemilihan ide tersebut dengan mempertimbangkan keterukuran variabel, kemudahan pengamatan, serta kesesuaiannya dengan konsep Gerak Harmonik Sederhana.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Memprediksi

Berdasarkan ide yang telah kalian pilih, buatlah prediksi mengenai hubungan antara variabel yang akan diteliti pada sistem bandul sederhana!

Prediksi harus disertai alasan ilmiah yang didasarkan pada konsep Gerak Harmonik Sederhana, khususnya hubungan antara panjang tali, besar simpangan awal, dan periode getaran bandul.

Prediksi tidak perlu dinyatakan dalam bentuk rumus matematis, tetapi harus menunjukkan arah hubungan antarvariabel secara jelas.

Selain pada sistem bandul, jelaskan juga secara konseptual bagaimana hubungan massa dan konstanta pegas terhadap periode pada sistem pegas.

Prediksi untuk bandul:

.....

.....

.....

Prediksi untuk pegas:

.....

.....

.....

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Merencanakan Penelitian

Berdasarkan ide dan prediksi yang telah kalian susun sebelumnya, rancanglah suatu penyelidikan untuk menguji hubungan antarvariabel pada sistem bandul sederhana!

Alat dan Bahan:

.....

.....

.....

.....

Variabel Penelitian

- Variabel bebas :

  .....
- Variabel terikat :

  .....
- Variabel kontrol :

  .....

Langkah Penyelidikan:

.....

.....

.....

.....

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Tahap Laboratorium

Eksplorasi

Gambarkan skema atau ilustrasi sistem bandul sederhana yang digunakan untuk kegiatan eksperimen dalam mengecek prediksi yang telah kalian buat.

Melakukan Pengukuran dan Pengumpulan Data

Lakukan pengukuran periode getaran bandul sederhana berdasarkan rancangan eksperimen yang telah dibuat.

Pengukuran dilakukan dengan mengamati waktu yang diperlukan bandul untuk melakukan sejumlah getaran tertentu. Lakukan pengukuran secara berulang minimal (3) tiga kali untuk setiap variasi variabel bebas yang ditentukan agar diperoleh data yang lebih akurat.

Catat seluruh data hasil pengukuran secara sistematis pada tabel pengamatan yang telah disusun.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Mengolah dan Menganalisis Data

Olah data hasil pengukuran menggunakan perhitungan manual. Sajikan data dalam bentuk grafik untuk menunjukkan hubungan antara variabel yang diteliti.
Berdasarkan data hasil percobaan, analisislah hubungan antara dua variabel yang dipilih pada sistem bandul sederhana. Jelaskan hasil analisis berdasarkan konsep GHS dan bandingkan dengan prediksi yang telah dibuat sebelumnya!

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

Menyimpulkan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data yang telah dilakukan, buatlah kesimpulan mengenai hubungan antara variabel yang diteliti pada sistem bandul sederhana.
Kesimpulan yang dibuat harus sesuai dengan data hasil percobaan dan digunakan untuk mengevaluasi kebenaran prediksi yang telah diajukan sebelumnya.

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

LIVEWORKSHEETS

Gerak Harmonik Sederhana

Tahap Pasca-Lab

Mempresentasikan

Buatlah media presentasi berupa power point, atau poster untuk menyampaikan hasil eksperimen kelompok kalian di minggu yang akan datang!

Presentasi memuat:

- ide penyelidikan yang dipilih,
- prediksi yang diajukan,
- data hasil pengukuran,
- hasil analisis data,
- dan kesimpulan eksperimen.

LIVEWORKSHEETS