

MODUL 02

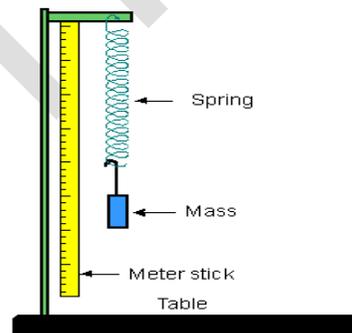
OSILASI HARMONIK SEDERHANA (OSILASI PEGAS)

1. TUJUAN

- 1.1 Menentukan tetapan pegas dan massa efektif pegas dengan melaksanakan eksperimen ayunan pegas yang dibebani,
- 1.2 Menentukan percepatan gravitasi dengan mengukur perpanjangan pegas yang dibebani.

2. ALAT DAN BAHAN

- 2.1 Statif,
- 2.2 Skala pelengkap statif,
- 2.3 Pegas spiral,
- 2.4 Tabung tempat menaruh beban,
- 2.5 Beban tambahan,
- 2.6 *Stopwatch*,
- 2.7 Neraca Ohaus,
- 2.8 Pegas.



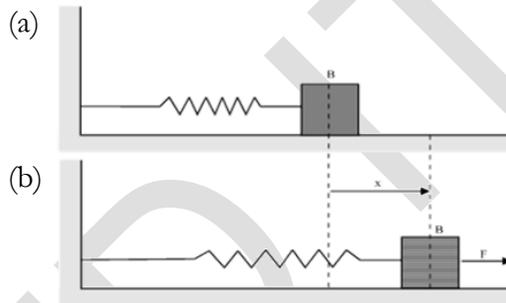
Gambar 2.1. Komponen-komponen eksperimen osilasi.

3. KONSEP DASAR

Dalam modul ini, akan dibahas suatu jenis gerak yang sering ditemukan sehari-hari, yaitu *getaran* atau *gerak osilasi* atau *gerak harmonik sederhana*. Gerak harmonik sederhana adalah gerak bolak-balik suatu benda disekitar posisi seimbang yang disebabkan oleh adanya gaya restorsi (gaya Hooke), seperti gerak yang terjadi pada pegas atau bandul.

3.1 Hukum Hooke dan Getaran

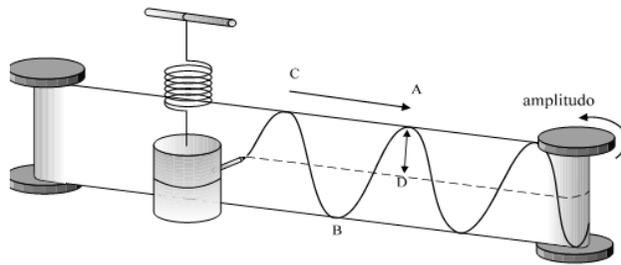
Setiap sistem yang memenuhi hukum Hooke akan bergetar dengan cara yang unik dan sederhana, yang disebut *gerak harmonik sederhana*. Sebagai contoh, tinjau perilaku pegas seperti pada Gambar 2.2. Bila ditinjau benda B saja, yang berada dalam kesetimbangan, tentulah ada gaya F' yang dilakukan oleh pegas pada benda B , gaya F' ini sama besar tapi berlawanan arah dengan gaya F . Untuk simpangan x kecil maka gaya luar yang dibutuhkan berbanding lurus dengan x . Andaikan gaya luar F ditiadakan maka benda akan ditarik oleh gaya F' sehingga benda akan bergerak ke kiri sejauh x pula. Jika tidak ada gaya lain (umpamanya gaya gesek), maka benda ini akan terus menerus bergerak ke kiri dan kekanan sejauh x dari posisi setimbangnya semula. Hal inilah yang disebut getaran atau gerak harmonis sederhana, dan F' adalah gaya **Hooke**.



Gambar 2.2. Sistem pegas.

- Pegas dan benda berada dalam keadaan setimbang tanpa pengaruh gaya luar (Gambar 2.2.a).
- Bila gaya luar F bekerja pada sistem maka kesetimbangan akan dicapai bila pegas teregang sejauh x (Gambar 2.2.b).

Jika beban bermassa m kita gantungkan pada pegas dalam posisi vertikal, maka keseimbangan akan dicapai setelah pegas mengalami perpanjangan x_0 . Bila beban ditarik dari kedudukan setimbangnya lalu dilepaskan maka benda di ujung pegas ini akan bergetar (berosilasi). Anda sudah sering melihat getaran benda di ujung pegas seperti itu. Perilaku benda secara umum terlihat pada gambar di bawah ini. Dalam Gambar 2.3 di bawah ini, diperlihatkan massa di ujung pegas meninggalkan jejak kertas yang memperlihatkan bagaimana massa itu berosilasi ke atas dan ke bawah.



Gambar 2.3. Gerak periodik atau getaran.

Gerak getar sistem yang memenuhi **Hukum Hooke** seperti sistem pegas dan benda di atas disebut *gerak harmonik sederhana*. Selanjutnya akan ditunjukkan bahwa kurva yang dibentuk oleh massa di atas selama bergetar berbentuk sinusoidal.

3.2 Gerak Harmonik Sederhana

Hukum II Newton dapat diterapkan pada benda yang mengalami gerak harmonik sederhana ini, dengan F adalah gaya **Hooke**, yakni

$$F = m a \quad (2.1)$$

$$-k x = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (2.2)$$

dimana m merupakan massa pegas, a merupakan percepatan, k merupakan tetapan pegas. Persamaan ini menyatakan hubungan x dan t tetapi mengandung suku dalam bentuk diferensial dan disebut *persamaan diferensial*. Jika kita ingin mencari solusinya, artinya kita ingin mencari suatu fungsi yang menyatakan kedudukan benda (x) dan memenuhi persamaan diferensial di atas. Jelas bahwa x adalah fungsi waktu yang bila diturunkan (diferensialisasikan) dua kali terhadap t menghasilkan $-k/m$ kali fungsi yang sama (sebelum diturunkan). Selain itu, fungsi tersebut bila dibuat grafiknya terhadap waktu mestilah berbentuk seperti pada Gambar 2.3. Dari bentuk grafik tersebut dan sifat diferensial fungsi sinus atau cosinus, solusinya dapat dituliskan sebagai :

$$x(t) = A \cos(\omega t - \varphi) = a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t) \quad (2.3)$$

dengan $a = A \cos \varphi$ dan $b = A \sin \varphi$. Konstanta a dan b memungkinkan solusi ini diungkapkan dalam bentuk kombinasi sinus dan cosinus, dengan tetapan A , ω , dan φ yang belum diketahui. Solusi umum dari persamaan di atas adalah:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.4)$$

dan

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (2.5)$$

yang merupakan solusi dari persamaan gerak harmonik sederhana tersebut di atas dengan tetapan A dan φ masih belum tertentu. Ini berarti ada berbagai kemungkinan macam gerak harmonik sederhana ini yang bergantung pada nilai A dan φ .

4. LANGKAH PERCOBAAN

4.1 Penentuan tetapan pegas

4.1.1 Prinsip percobaan

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa getaran pegas bergantung pada massa beban dan tetapan pegas sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T} \quad (2.6)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ atau } T^2 = \frac{4\pi^2}{k} m \quad (2.7)$$

Jadi bila kita gantungkan beban yang telah diukur massanya (ditimbang) pada pegas lalu kita getarkan dan diukur pula periodanya, kita dapat menentukan tetapan pegas k . Ketelitian yang lebih tinggi dapat diperoleh bila eksperimen seperti itu dilakukan berulang-ulang untuk beban yang berbeda-beda.

4.1.2 Prosedur percobaan

Pegas yang dibebani digantungkan pada statif, simpangkan sedikit ke bawah lalu lepaskan agar terjadi gerak harmonik sederhana dan tentukan periodanya. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, eksperimen ini dilakukan untuk beberapa beban. Setiap beban yang digunakan ditimbang begitu juga pegasnya.

Langkah eksperimennya adalah sebagai berikut :

1. Gantungkanlah pegas pada statif lalu gantungkan tabung kosong di bawahnya. Tariklah tabung itu sedikit ke bawah dan kemudian lepaskan,

2. Catatlah waktu yang diperlukan untuk 10, 20 dan 30 getaran. (*petunjuk*: besar amplitudo simpangan sebaiknya hampir sama selama getaran),
3. Amati berapa jumlah getaran yang dapat memberikan hasil yang paling teliti,
4. Ulangi pengukuran itu dengan menambahkan 2 keping beban setiap kali, hingga terakhir 5 keping beban digunakan,
5. Timbanglah masing-masing beban dan juga pegas, olahlah data Anda dengan merujuk persamaan 2.7.

4.2 Penentuan percepatan gravitasi

4.2.1 Prinsip percobaan

Dengan membebani pegas (yang telah diketahui tetapan pegasnya) dengan beban (yang telah ditimbang massanya) dan mengukur perpanjangan pegas yang dihasilkannya, nilai percepatan gravitasi dapat ditentukan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih tinggi ketelitiannya, pembebanan ini dilakukan beberapa kali, mula-mula dengan cara menambahkan beban satu per satu dan kemudian dengan cara mengurangi beban satu per satu. Dengan demikian, untuk setiap beban kita mengukur perpanjangan pegas dua kali. Untuk itu, kita ambil nilai rata-ratanya dan nilai rata-rata seluruh eksperimen ditentukan dengan grafik.

4.2.2 Prosedur percobaan

Mula-mula dibaca dan dicatat posisi tabung kosong pada skala. Skala diatur sedemikian rupa hingga jarum penunjuk pada bagian atas skala itu tepat dengan jarum penunjuk. Beban dimasukkan ke dalam tabung dan tunggu kira-kira 10 detik, baru dibaca posisinya. Penambahan beban ini dilakukan hingga 10 kali dan setiap kali menambahkan beban dicatat posisi jarum penunjuk, kurangi beban tersebut satu per satu dan baca pula posisi jarum penunjuk untuk setiap pengurangan beban. Dari data yang diperoleh dapat dibuat grafik antara simpangan terhadap beban, lalu tentukan percepatan gravitasi.

Aturlah skala sedemikian rupa hingga jarum menunjuk pada bagian skala itu. Catatlah berturut-turut penunjukan jarum ketika tabung kosong, kemudian ditambah beban satu per satu hingga beban ke-5 lalu dikurangi satu persatu hingga tabung kosong kembali.

5. TUGAS ANALISIS

5.1 Penentuan tetapan pegas

1. Buatlah grafik antara T^2 terhadap massa total beban yang digunakan!
2. Tentukanlah nilai rata-rata tetapan pegas dari grafik di atas!
3. Dalam perumusan di atas tidak disinggung tentang massa pegas, seperti penurunan persamaan dalam buku referensi umumnya yang mengabaikan massa pegas. Dalam gerak pegas ini, sistem sebenarnya merasakan bahwa pegas tersebut bermassa, meski tidak sebesar massa sesungguhnya. Massa pegas efektif dapat ditentukan dari grafik antara T^2 terhadap massa total beban yang digunakan. Tentukanlah massa efektif pegas itu!
4. Selayaknya massa efektif pegas lebih besar atau lebih kecil dari massa sebenarnya? Bagaimanakah hasil dari eksperimen Anda?
5. Berikanlah analisa Anda mengenai eksperimen ini!

5.2 Penentuan percepatan gravitasi

1. Buatlah grafik antara simpangan dengan massa beban !
2. Tentukan percepatan gravitasi dari grafik di atas !
3. Percepatan gravitasi di Bandung menurut pengukuran yang teliti adalah $9,78 \text{ m/s}^2$, bandingkanlah hasil Anda dengan data tersebut !
4. Berikanlah analisa Anda jika terjadi perbedaan !

6. PUSTAKA

Amend, Bill. (2011) : *Physics 16 Laboratory Manual*, Armhest College, 40 – 43.

Halliday, D., Resnick, R., Walker, J., (1997) : *Fundamentals of Physics*, John Wiley & Sons, 317 – 318.

Physics Department. (2011) : *Introductory Physics Laboratory Manual*, The City University of New York, 90 – 92.

Sutrisno. (2001) : *Seri Fisika Dasar*, Penerbit ITB.

Tyler, F. (1970) : *A Laboratory Manual of Physics*, Edward Arnold, 10 – 11.

<http://www.physics.fsu.edu> (diakses: 14 Agustus 2015).