

MOMEN INERSIA

1. TUJUAN

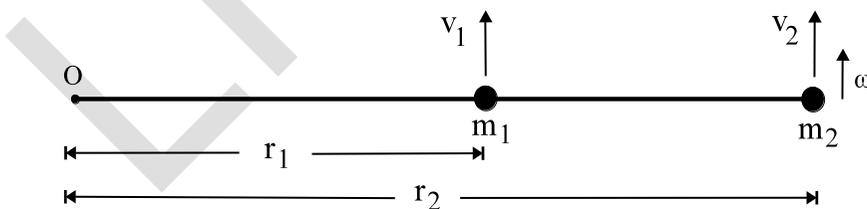
- 1.1 Menentukan pengaruh momen inersia pada gerak rotasi benda tegar,
- 1.2 Menentukan momen inersia dari benda tegar secara teori dan eksperimen.

2. ALAT DAN BAHAN

- 2.1 Statif dilengkapi tali untuk ayunan torsi,
- 2.2 Satu set keping logam berbentuk piringan silinder dan segiempat,
- 2.3 Jangka sorong dan mikrometer sekrup,
- 2.4 *Stopwatch*,
- 2.5 Neraca teknis.

3. KONSEP DASAR

3.1 Sistem benda tegar



Gambar 5.1. Sistem benda tegar.

Gambar 5.1 memperlihatkan dua titik massa dengan massa m_1 dan m_2 yang dihubungkan oleh batang ringan (tak bermassa), sehingga m_1 dan m_2 membentuk suatu benda tegar. Ujung kiri batang di O diberi sumbu yang tegak lurus pada bidang gambar sehingga batang dapat berotasi pada sumbu tersebut. Jika jarak m_1 dan m_2 ke sumbu di O masing-masing adalah r_1 dan r_2 , dan batang mengalami gerak rotasi dengan kecepatan sudut ω , maka kecepatan tangensial m_1 adalah :

$$v_1 = \omega r_1 \quad (5.1)$$

Dan kecepatan tangensial m_2 adalah

$$v_2 = \omega r_2 \quad (5.2)$$

Energi kinetik dari kedua titik massa adalah

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2) \omega^2 = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (5.3)$$

dengan $I = (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2)$ disebut momen inersia dari m_1 dan m_2 terhadap sumbu rotasi di O.

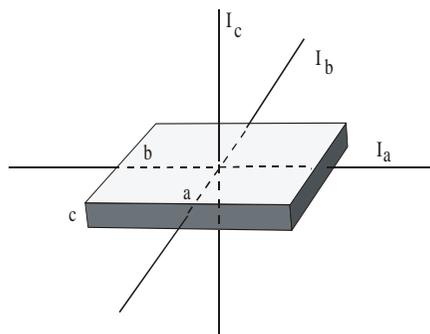
Energi kinetik dari m_1 dan m_2 yang disebabkan oleh gerak rotasinya disebut energi kinetik rotasi dan dinyatakan dengan :

$$\frac{1}{2} I \omega^2 \quad (5.4)$$

3.2 Penentuan momen inersia secara teori

Momen inersia adalah ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya. Untuk menentukan momen inersia dari keping logam berbentuk segi empat secara teori, dapat dilakukan dengan cara mengukur panjang, lebar dan tebal dari keping dan juga menimbang massanya. Jika panjang a , lebar b , tebal c , dan massanya M (Gambar 5.2), momen inersia untuk sumbu rotasi yang melalui pusat massa dan tegak lurus terhadap penampangnya adalah :

$$I_c = \frac{M(a^2 + b^2)}{12} \quad (5.5)$$



Gambar 5.2. Keping segi empat.

Dapat dibuktikan pula, bahwa momen inersia keping untuk sumbu rotasi yang melalui pusat massa dan sejajar dengan panjang a adalah :

$$I_a = \frac{M(b^2 + c^2)}{12} \quad (5.6)$$

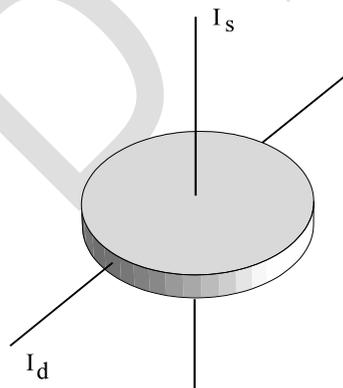
Untuk sumbu rotasi yang melalui pusat massa dan sejajar lebar b , momen inersianya adalah :

$$I_b = \frac{M(a^2 + c^2)}{12} \quad (5.7)$$

Untuk keping lingkaran, momen inersia untuk sumbu rotasi yang tegak lurus terhadap penampangnya (Gambar 5.3) ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$I_s = \frac{1}{2}MR^2 \quad (5.8)$$

dimana M adalah massa keping dan R jari-jari silinder.



Gambar 5.3. Keping lingkaran.

Jika suatu keping lingkaran atau silinder berotasi pada sumbu rotasi yang melalui pusat massa dan sejajar dengan garis diameter keping (Gambar 5.3), momen inersianya adalah:

$$I_d = M \left(\frac{L^2}{12} + \frac{R^2}{4} \right), \quad (5.9)$$

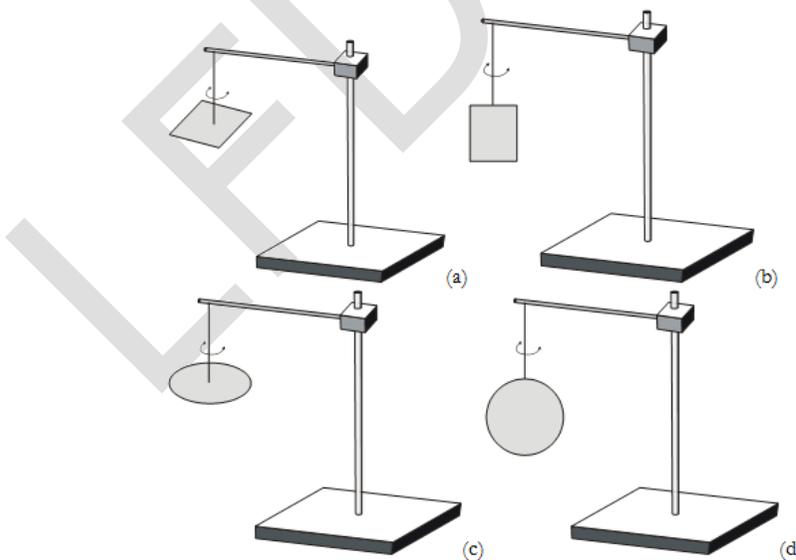
Dimana M merupakan massa silinder, R merupakan jari-jari silinder, dan L merupakan panjang silinder.

Jadi pada prinsipnya, momen inersia dari suatu benda yang berbentuk sederhana dapat ditentukan secara teoritis jika massa M dan ukuran-ukuran geometrisnya dapat diukur. Tentunya, benda yang akan ditentukan tersebut harus memiliki rapat massa yang bersifat serba sama (homogen).

3.3 Penentuan momen inersia secara eksperimen

Momen inersia benda juga dapat ditentukan secara eksperimen, yaitu dengan menggantungkan benda pada tali dan digantungkan pada statif, seperti dalam Gambar 5.4. Jika benda diberi sedikit simpangan dari posisi setimbangnya dengan cara memutar benda (dengan sudut kecil), maka tali akan terpuntir. Jika benda dilepaskan, maka benda akan mengalami gerak harmonik anguler (sudut), disebabkan oleh momen gaya puntir dari tali. Periode T dari gerak harmonik anguler benda ini adalah :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}} \quad (5.10)$$



Gambar 5.4. Penentuan momen inersia secara eksperimen.

K : tetapan momen gaya puntiran dari kawat

$$I = I_B + I_K$$

I_B : momen inersia dari benda

I_K : momen inersia dari tali

Jika dua buah benda dengan momen inersia masing-masing I_1 dan I_2 secara berturut-turut digantungkan pada tali yang sama, maka periode gerak harmonik angulernya masing-masing diberikan oleh :

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + I_k}{K}} \quad (5.11)$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_2 + I_k}{K}} \quad (5.12)$$

Dari kedua persamaan ini, jika I_1 , T_1 , I_2 dan T_2 diketahui, maka I_k dan K dapat ditentukan. Sebaliknya jika I_k dan K telah diketahui, cara ini dapat dipakai untuk menentukan momen inersia benda yang lain dengan mengukur periode dari gerak harmonik angulernya.

4. PERCOBAAN

4.1 Persiapan percobaan

- 4.1.1 Ukur panjang dan lebar keping segi empat masing-masing 5 kali pada tempat yang berbeda dengan menggunakan jangka sorong.
- 4.1.2 Ukur tebal keping segi empat 5 kali pada tempat yang berbeda dengan menggunakan mikrometer sekrup.
- 4.1.3 Ukur diameter silinder 5 kali pada tempat yang berbeda dengan jangka sorong dan juga ukurlah tebalnya 5 kali pada tempat yang berbeda dengan mikrometer sekrup.
- 4.1.4 Timbang masing-masing keping dengan neraca teknis untuk menentukan massa masing-masing keping.

4.2 Tahapan percobaan

- 4.2.1 Gantungkan keping segi empat pada kawat sehingga garis lurus perpanjangan kawat melalui pusat massa keping dan sejajar panjang kepingnya (Gambar 4b)

- 4.2.2 Beri simpangan sudut pada keping dan kemudian lepaskan. Catatlah waktu yang diperlukan untuk melakukan 10 getaran penuh (10T).
- 4.2.3 Gantungkan keping segi empat kepada kawat sehingga garis lurus perpanjangan kawat melalui pusat massa keping dan sejajar dengan lebar b . Kemudian lakukanlah seperti pada tugas 2.
- 4.2.4 Lakukan seperti pada tugas 1 dan tugas 2 dengan kawat sejajar tebal c dari keping (Gambar 4a).
- 4.2.5 Gantungkan keping silinder sehingga kawat menembus pusat massa silinder, dan lakukanlah kemudian seperti pada tugas 2 (Gambar 4c).
- 4.2.6 Gantungkan keping silinder sehingga diameternya berimpit dengan kawat, dan kemudian lakukanlah seperti pada tugas 2 (Gambar 4d).

5. TUGAS ANALISIS

- 5.1 Hitung momen inersia secara teoritis menggunakan persamaan yang ada untuk masing-masing benda dan posisi.
- 5.2 Hitung periode getaran masing-masing eksperimen
- 5.3 Tentukan nilai I_k dan K dengan cara substitusi/eliminasi dari 2 persamaan periode T dengan menggunakan data keping piringan silinder.
- 5.4 Pergunakan persamaan T untuk mendapatkan momen inersia segiempat untuk semua posisi dengan menggunakan nilai I_k dan K yang telah diperoleh sebelumnya.
- 5.5 Bandingkan nilai momen inersia I untuk segiempat hasil eksperimen terhadap nilai teori.
- 5.6 Selidiki keberlakuan teorema sumbu tegak untuk keping segiempat secara teori dan eksperimen!
- 5.7 Jelaskan faktor yang menyebabkan perbedaan antara nilai eksperimen dan teori dan manakah yang lebih presisi atau valid antara perhitungan secara teori atau eksperimen. Jelaskan!
- 5.8 Jelaskan pengaruh momen inersia terhadap rotasi benda tegar!

6. PUSTAKA

Giancoli, D.C. (1991) : *Physics Principles with Applications*, Prentice-Hall, Inc., 220 – 222.

Loyd, David H. (2008) : *Physics Laboratory Manual*, Angelo University, 179 – 188.

Tyler, F. (1970) : *A Laboratory Manual of Physics*, Edward Arnold, 22 – 23.

LEAD ITB