

Materi Kuliah
Fisika Mekanika

Kerja dan Energi Kinetik

Dosen :
Tri Surawan, M.Si

Fakultas Teknik
Universitas Jayabaya

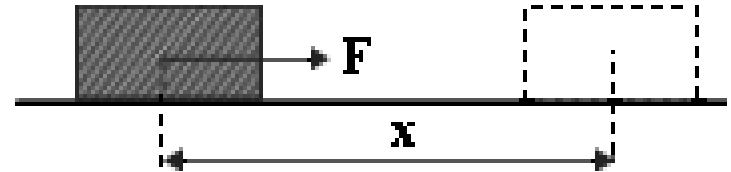
Kerja dan Energi

- Dalam ilmu fisika :
 - Kerja didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu benda yang menyebabkan perpindahan benda pada jarak tertentu.
- Energi merupakan kemampuan atau potensi yang dimiliki benda atau makhluk untuk melakukan kerja.
- Hukum kekekalan energi :
 - *energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, energi hanya dapat berubah bentuk dari satu bentuk ke bentuk yang lain.*

Kerja yang dilakukan gaya searah dengan perpindahan

Secara matematis **Kerja** dapat ditulis sebagai berikut :

$$W = F \cdot x$$



Dimana :

W = Kerja (J)

F = gaya pada benda (N)

x = perpindahan (m)

Kerja yang dilakukan Gaya membentuk sudut tertentu

Secara matematis Kerja dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= F_x \cdot x \\ &= F \cos \theta \cdot x \end{aligned}$$

Dimana :

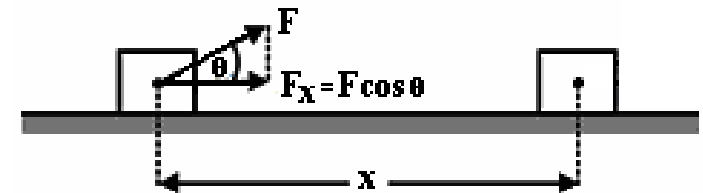
W = Kerja (J)

F = gaya yang dilakukan pada benda (N)

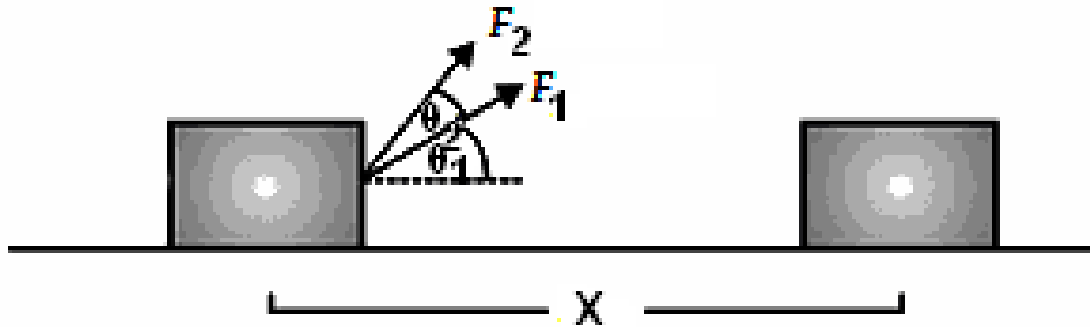
F_x = gaya arah mendatar (N)

θ = sudut antara gaya F dan arah mendatar

x = perpindahan (m)



Kerja yang dilakukan banyak gaya dengan arah perpindahan sama



Kerja total yang dilakukan oleh beberapa gaya yang bekerja serentak dapat dihitung sebagai **hasil kali resultan komponen gaya** yang segaris dengan perpindahan dan **besarnya perpindahan**.

$$\begin{aligned} W &= (F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + \cdots + F_{xn}) \cdot X \\ &= \left(\sum_{n=1}^n F_{xn} \right) \cdot X \end{aligned}$$

Contoh Soal

Anda mendorong buku fisika secara horisontal di atas meja sepanjang 1,50 m dengan dorongan horisontal 2,40 N, melawan gaya gesekan sebesar 0,600 N. Berapa besar kerja pada buku :

- (a) dari gaya dorongan Anda.
- (b) dari gaya gesekan.
- (c) dari gaya normal dari permukaan meja.

Penyelesaian :

- (a) Karena Anda menerapkan gaya horisontal, $\theta = 0^\circ$.

Besar kerja pada buku dari gaya dorongan Anda adalah :

$$W_A = F_A \times \cos \theta = (2,40 \text{ N})(1,50 \text{ m}) \cos 0^\circ = 3,60 \text{ J}$$

- (b) Gaya gesekan dalam arah horisontal, berlawanan dengan gerakan, sehingga $\theta = 180^\circ$.

Besar kerja pada buku dari gaya gesekan adalah :

$$W_f = F_f \times \cos \theta = (0,600 \text{ N})(1,50 \text{ m}) \cos 180^\circ = -0,900 \text{ J}$$

- (c) Karena gaya normal ke atas dan tegak lurus terhadap permukaan meja, $\theta = 90^\circ$.

Besar kerja pada buku dari gaya normal adalah :

$$W_N = F_N \times \cos \theta = (0,600 \text{ N})(1,50 \text{ m}) \cos 90^\circ = 0,0 \text{ J}$$

Contoh Soal

Dua orang siswa A dan B menarik peti yang terletak pada lantai dengan arah masing-masing 37° dan 60° terhadap lantai. Tentukan kerja total yang dilakukan oleh siswa A dan B jika besarnya gaya kedua siswa tersebut adalah 10 N dan 12 N dan peti berpindah ke kanan sejauh 4 m!

Penyelesaian :

Diketahui :

$$F_A = 10 \text{ N} ; F_B = 12 \text{ N} ;$$

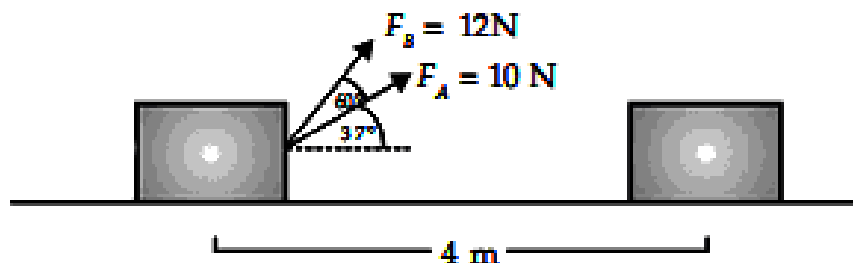
$$\theta_A = 37^\circ ; \theta_B = 60^\circ$$

$$x = 4 \text{ m}$$

Ditanyakan: $W = \dots ?$

Jawab :

$$\begin{aligned} W &= (F_A \cos \theta_A + F_B \cos \theta_B) \cdot x \\ &= (10 \cos 37^\circ + 12 \cos 60^\circ) \cdot 4 \\ &= (10 \cdot 0,8 + 12 \cdot (0,5)) \cdot 4 \\ &= 56 \text{ Joule} \end{aligned}$$



Contoh Soal

Dua kapal tunda menarik supertanker rusak. Setiap tarikan memberikan gaya konstan $1,80 \times 10^6 \text{ N}$, salah satu 14° ke barat dari utara dan yang lainnya 14° ke timur dari utara. Mereka menarik kapal tanker $0,75 \text{ km}$ ke arah utara. Berapa kerja total yang mereka lakukan pada supertanker?

Penyelesaian :

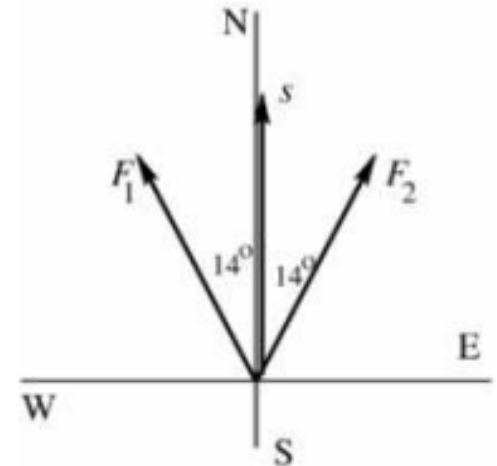
Kerja yang dilakukan oleh masing-masing gaya tarik kapal tunda adalah :

$$\begin{aligned} W_1 &= F_1 \times \cos \theta \\ &= (1,80 \times 10^6 \text{ N})(0,75 \times 10^3 \text{ m}) \cos 14^\circ \\ &= 1,31 \times 10^9 \text{ J} \end{aligned}$$

$$W_2 = W_1 = 1,31 \times 10^9 \text{ J}$$

Kerja total yang mereka lakukan pada supertanker adalah :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_1 + W_2 \\ &= (1,31 \times 10^9 \text{ J}) + (1,31 \times 10^9 \text{ J}) \\ &= 2,62 \times 10^9 \text{ J} \end{aligned}$$



Contoh Soal :

Sebuah partikel bergerak pada bidang xy dengan perpindahan $\Delta \mathbf{r} = (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j})$ m setelah diberi gaya sebesar $\mathbf{F} = (5\mathbf{i} + 2\mathbf{j})$ N.

- a. Hitunglah nilai perpindahan dan gayanya.
- b. Hitunglah kerja yang dilakukan gaya tersebut

Penyelesaian :

- a. Untuk mencari nilai perpindahan dan gayanya, kita gunakan teori Pythagoras :

$$\Delta \mathbf{r} = \sqrt{(\Delta \mathbf{x})^2 + (\Delta \mathbf{y})^2} = \sqrt{(2)^2 + (3)^2} = 3,6 \text{ m}$$

$$\mathbf{F} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(5)^2 + (2)^2} = 5,4 \text{ N}$$

- b. Kerja yang dilakukan gaya \mathbf{F} adalah :

$$\begin{aligned} W &= \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{r} \\ &= (5\mathbf{i} + 2\mathbf{j}) \cdot (2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}) \\ &= (5\mathbf{i} \cdot 2\mathbf{i}) + (5\mathbf{i} \cdot 3\mathbf{j}) + (2\mathbf{j} \cdot 2\mathbf{i}) + (2\mathbf{j} \cdot 3\mathbf{j}) \\ &= 10 + 0 + 0 + 6 \\ &= 16 \text{ J} \end{aligned}$$

Ingat !!!

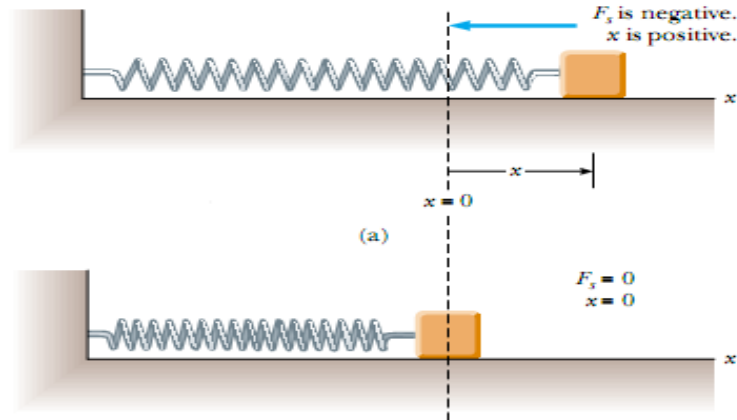
Perkalian titik (dot product) antara dua buah vektor **A** dan **B** menghasilkan besaran skalar **C**

Sifat-sifat perkalian titik vektor satuan :

$$\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{k} = 1$$

$$\mathbf{i} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{k} = \mathbf{i} \cdot \mathbf{k} = 0$$

Kerja pada Pegas



- Jika pegas dikenai Gaya, maka akan terjadi **Gaya Pemulih** Pegas.
- **Gaya pemulih Pegas (F_s)** adalah :

$$F_s = -k x$$

Dimana :

k = konstanta pegas (N/m)

x = perpanjangan pegas (m)

- Rumus tersebut dikenal sebagai **Hukum Hooke's**.
- **Kerja yang dilakukan pegas** adalah :

$$W_s = \int_{x_0}^{x_1} F_s \, dx = \int_{-x_{\max}}^0 (-k x) \, dx = \frac{1}{2} k x_{\max}^2$$

Contoh soal

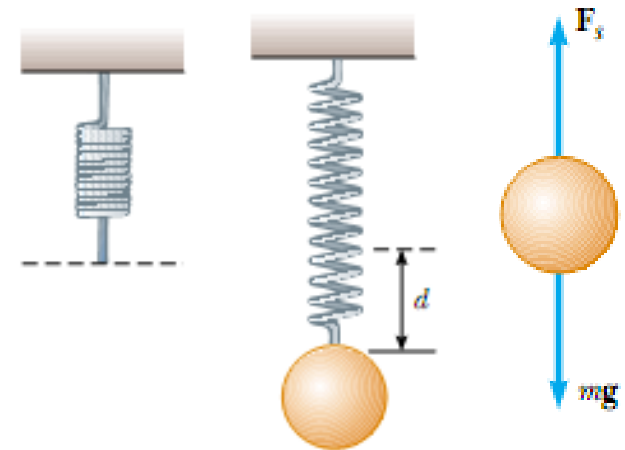
Sebuah pegas digantungkan pada atap, kemudian pada ujungnya diberi beban 0,55 kg. Hitunglah kerja pada pegas bila pegas memanjang 2 cm dari titik kesetimbangannya!

Penyelesaian :

Pada kasus ini kita gunakan Hukum Hooke's untuk mencari nilai k :

$$|F_s| = kd = mg$$

$$k = \frac{m g}{d} = \frac{(0,55)(9,8)}{2 \times 10^{-2}} = 2,7 \times 10^2 \text{ N/m}$$



Kerja pada pegas adalah :

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{1}{2} k d^2 \\ &= \frac{1}{2} (2,7 \times 10^2)(2 \times 10^{-2})^2 \\ &= 5,4 \times 10^{-2} \text{ J} \end{aligned}$$

Energi Kinetik

- **Energi kinetik** adalah energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak.
- Secara umum **energi kinetik** suatu benda yang memiliki massa m dan bergerak dengan kecepatan v dirumuskan oleh persamaan berikut :

$$EK = \frac{1}{2} m v^2$$

Dimana :

EK = Energi kinetik benda (J)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan gerak benda (m/s)

Teorema Kerja – Energi

- Bila ada suatu **kerja** yang dilakukan pada benda maka ada sejumlah **energi yang ditransfer** pada benda tersebut.

$$W = \frac{1}{2} mv_t^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = \Delta EK$$

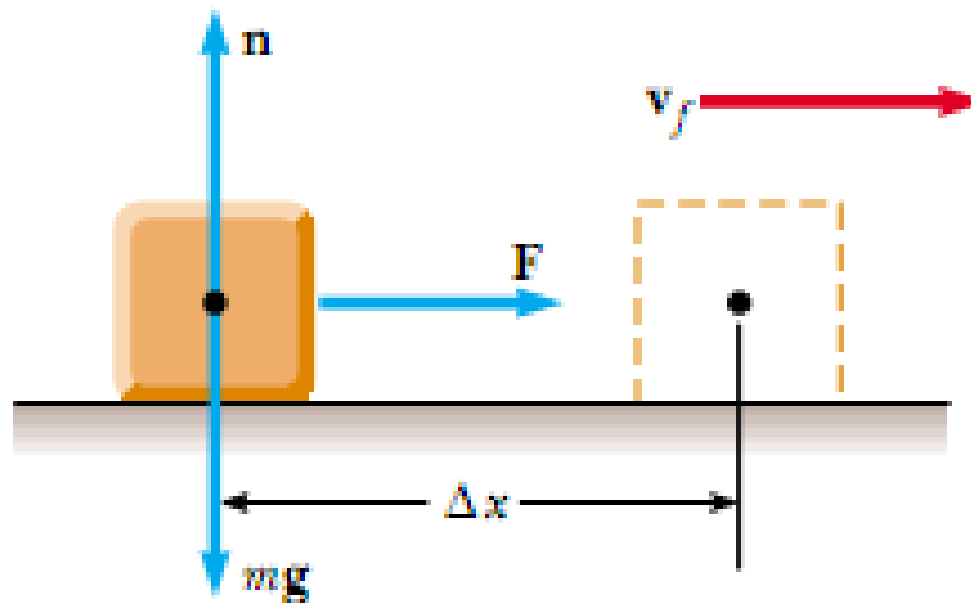
- Jika suatu **kerja W** diberikan kepada benda yang memiliki **energi kinetik awal sebesar EK_0** maka **energi kinetik total** benda adalah:

$$EK = EK_0 + W$$

- Kerja W dapat berperan **memperkecil atau memperbesar energi kinetik** benda.
 - Jika **energi kinetik total** yang dimiliki benda menjadi **semakin kecil** maka **kerja** yang dilakukan berarti **bertanda negatif** atau gaya yang bekerja pada benda cenderung **memperlambat gerak benda**.
 - Jika **energi kinetik total akhir** menjadi **lebih besar** dibanding energi kinetik awal, maka **kerja W** yang dilakukan adalah **positif**.

Contoh Soal

Sebuah balok diam yang massanya 6 kg ditarik oleh gaya 12 N pada permukaan bidang datar yang licin. Berapakah kecepatan balok setelah bergerak sejauh 3 m?



Penyelesaian :

$$W = F \cdot x = 12 \cdot 3 = 36 \text{ J}$$

Dengan menggunakan teorema Kerja – Energi, kita peroleh :

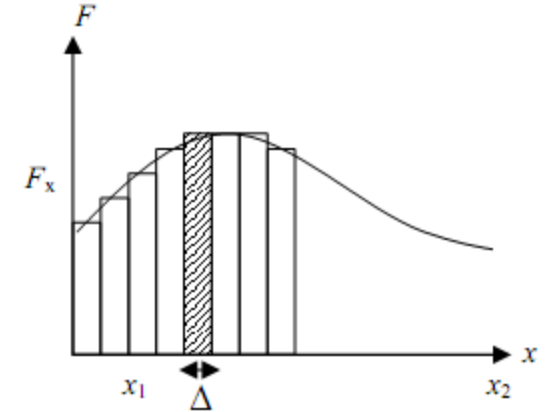
$$W = EK_t - EK_0 = \frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_t^2 - 0$$

$$W = \frac{1}{2} m v_t^2$$

$$v_t = \sqrt{\frac{2 W}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(36)}{6}} = 3,5 \text{ m/s}$$

Kerja dan Energi dengan Gaya tidak Konstan

- Besar gaya yang bekerja pada suatu benda dapat berubah-ubah.
- Konfigurasi gaya yang tidak konstan yang bekerja pada suatu benda akan menghasilkan grafik gaya F dan perpindahan x yang tidak rata.
 - Besar gaya F cenderung berubah dengan berubahnya nilai x .
- Ketika benda dikenai gaya yang tidak konstan maka percepatan benda akan berubah, maka kecepatan benda juga berubah.
- Kerja total yang dilakukan oleh gaya total (F_T) adalah penjumlahan dari luas persegi panjang kecil-kecil dari batas x_1 hingga x_2 .



$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x \, dx$$

- Persamaan tersebut menunjukkan bahwa kerja total sistem bergantung pada keadaan akhir dan awal benda.

Contoh

Sebuah planet dikenai gaya oleh matahari dengan persamaan :

$$\mathbf{F} = -\frac{1,3 \times 10^{22}}{x^2} \quad (\text{dalam satuan SI})$$

dimana x adalah jarak antara planet dengan matahari.

Hitunglah besar kerja total yang dilakukan matahari terhadap planet pada perubahan jarak dari $1,5 \times 10^{11}$ m sampai $2,3 \times 10^{11}$ m.

Penyelesaian :

Besar kerja total yang dilakukan matahari pada planet adalah :

$$\begin{aligned} W &= \int_{x_1}^{x_2} \mathbf{F}_x \, dx \\ &= \int_{1,5 \times 10^{11}}^{2,3 \times 10^{11}} \left(-\frac{1,3 \times 10^{22}}{x^2} \right) dx \\ &= (-1,3 \times 10^{22}) \int_{1,5 \times 10^{11}}^{2,3 \times 10^{11}} x^{-2} \, dx \\ W &= (-1,3 \times 10^{22}) \left(\frac{x^{-1}}{-1} \right) \Big|_{1,5 \times 10^{11}}^{2,3 \times 10^{11}} \\ &= (-1,3 \times 10^{22}) \left(\frac{-1}{2,3 \times 10^{11}} - \frac{-1}{1,5 \times 10^{11}} \right) \\ &= 3 \times 10^{10} \, \text{J} \end{aligned}$$

Daya

- Daya adalah kemampuan untuk mengubah suatu bentuk energi menjadi bentuk energi lain.
- Daya juga menyatakan laju transfer energi dari satu bentuk ke bentuk lain.
- Dalam ilmu Fisika, daya dapat didefinisikan sebagai perubahan kerja tiap satu satuan waktu.
- Daya disimbolkan dengan **P** dan satuannya adalah **Watt (W) atau J/s**.
- Secara umum, daya ditulis sebagai:

$$P = \frac{dW}{dt} = F \frac{dr}{dt} = F v$$

Dimana :

P = daya (W)

W = usaha (J)

t = waktu (s)

F = gaya (N)

v = kecepatan (m/s)

1 hp (horse power) = 746 W

1 kWh = (10³ W)(3600 s) = 3,60 x 10⁶ J

Contoh

Suatu lift dengan massa 1600 kg dan mengangkut penumpang 200 kg. Lift tersebut pada saat ke atas mengalami gaya gesek kinetis 4000 N. Berapakah daya motor yang dibutuhkan bila harus naik dengan kecepatan konstan 3 m/s? ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

Penyelesaian :

Dari Hukum Newton I diperoleh :

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ T - f_k - Mg &= 0\end{aligned}$$

M adalah massa total, maka :

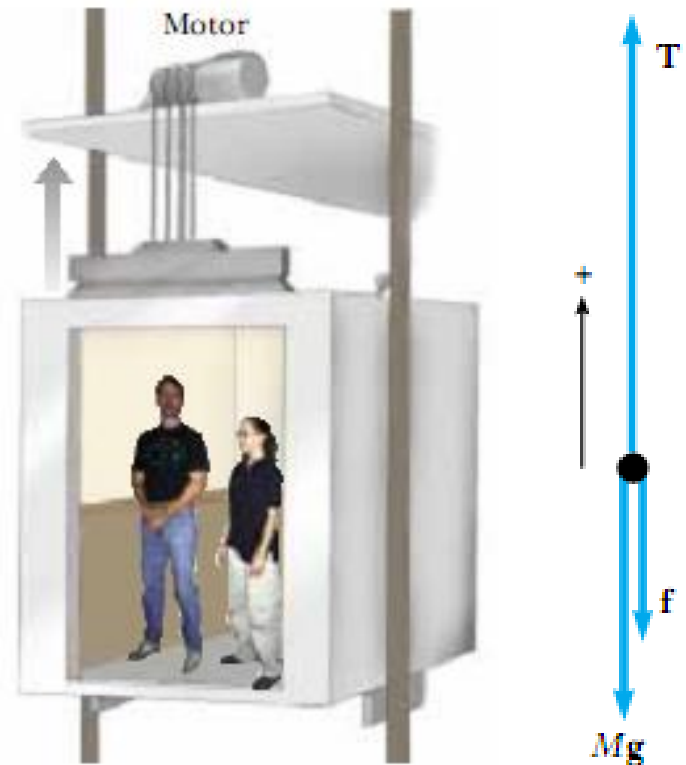
$$\begin{aligned}M &= \text{massa lift} + \text{massa penumpang} \\ &= 1600 + 200 \\ &= 1800 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sehingga gaya tegang tali lift (T) adalah :

$$\begin{aligned}T &= f_k + Mg \\ &= 4000 + (1800)(9,8) \\ &= 2,16 \times 10^4 \text{ N}\end{aligned}$$

Daya motor yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}P &= T \cdot v \\ &= (2,16 \times 10^4)(3) \\ &= 6,48 \times 10^4 \text{ W}\end{aligned}$$



Terima kasih