



FISIKA DASAR (TEKNIK SISPIIL)

USAHA DAN ENERGI

Mirza Satriawan

Physics Dept.
Gadjah Mada University
Bulaksumur, Yogyakarta
email: mirza@ugm.ac.id

menu





Konsep Usaha dan Energi

Disamping perumusan hukum newton, terdapat konsep lain yang dapat digunakan untuk mengetahui keadaan gerak suatu benda. Seperti halnya hukum newton, konsep ini menghubungkan pengaruh luar (gaya) dengan keadaan gerak benda. Konsep ini adalah konsep usaha-tenaga. Bedanya dengan konsep hukum newton, usaha dan tenaga adalah besaran skalar. Karena itu, untuk beberapa kasus, konsep usaha-tenaga dapat lebih mudah digunakan untuk mengetahui keadaan gerak suatu benda akibat pengaruh luar (gaya).





Perhatian!

Perlu diperhatikan, kita tidak boleh mengasosiasikan pemahaman kata 'usaha' dalam bahasa sehari-hari dengan istilah usaha dalam fisika, walaupun ada kemiripannya. Sebagai istilah fisika usaha yang dilakukan suatu gaya didefinisikan sebagai hasil kali skalar vektor gaya dan vektor perpindahan benda, atau hasil kali komponen gaya yang searah dengan perpindahan benda dengan besar perpindahan benda. Perlu diperhatikan juga bahwa perpindahan bendanya tidak harus disebabkan oleh gaya tadi.





Usaha

Usaha dilambangkan dengan W (*work*) dan untuk gaya yang konstan dirumuskan sebagai

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \theta \quad (1)$$

dengan θ adalah sudut antara vektor gaya dan vektor perpindahan benda \vec{s} . Bila gayanya tidak konstan, maka harus dijumlahkan untuk setiap bagian perpindahannya dengan gaya yang konstan,

$$W = \sum_i \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{s}_i \quad (2)$$

Bila perubahannya kontinyu, maka perumusan di atas berubah menjadi integral

$$W = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (3)$$



untuk perpindahan dari titik a ke titik b , melaluis suatu lintasan.



5/18

menu





Teorema Usaha-Energi

Sekarang kita tinjau total usaha, yaitu usaha yang dilakukan oleh semua gaya yang bekerja pada benda, dan kita jumlahkan menurut komponen-komponen produk skalarnya

$$W_{\text{tot}} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (4)$$

$$= \int_a^b (F_x dx + F_y dy + F_z dz). \quad (5)$$

Untuk memudahkan analisa, kita tinjau komponen x saja, karena analisa untuk komponen lainnya serupa.

menu





Diketahui bahwa

$$F_x = m \frac{dv_x}{dt} = m \frac{dv_x}{dx} \frac{dx}{dt} = mv_x \frac{dv_x}{dx} \quad (6)$$

sehingga kita dapat menuliskan pers. (4) sebagai

$$W_{\text{tot}} = \int_a^b m(v_x dv_x + v_y dv_y + v_z dv_z) \quad (7)$$

$$= \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) \Big|_a^b = \frac{1}{2}m(v_b^2 - v_a^2). \quad (8)$$

Jadi nilai total usaha bergantung pada suatu kuantitas akhir dan awal, yaitu selisih besar kuadrat kecepatan akhir dan awal dikali setengah massa. Kuantitas ini kemudian diberi nama energi, dan karena kuantitas ini bernilai tidak nol ketika kecepatannya tidak nol, maka diberi nama energi kinetik $E_k \equiv \frac{1}{2}mv^2$. Jadi total usaha yang bekerja pada suatu

menu



benda sama dengan perubahan energi kinetik

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k = E_k(f) - E_k(i). \quad (9)$$

Pernyataan di atas dikenal sebagai teorema usaha-energi.



8/18

menu



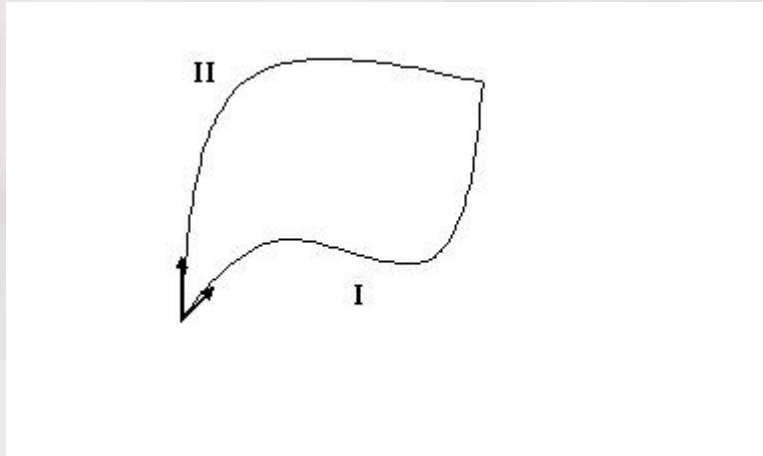


Gaya Konservatif dan Energi Potensial

Gaya konservatif \vec{F} adalah gaya yang memenuhi sifat: Usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif hanya bergantung pada posisi awal dan akhir benda, dan tidak bergantung pada lintasan perpindahan benda. Karena itu pula untuk lintasan yang berbentuk melingkar (kembali ke posisi awal) nilai usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif selalu nol. Lihat gambar,

menu





menu





Jadi untuk gaya konservatif kedua lintasan I dan II menghasilkan nilai usaha yang sama

$$W_k = \int_{a \text{ I}}^b \vec{F}_k \cdot d\vec{s} = \int_{a \text{ II}}^b \vec{F}_k \cdot d\vec{s} \quad (10)$$

demikian pula

$$\oint \vec{F}_k \cdot d\vec{s} = 0 \quad (11)$$

menu





Energi Potensial

Karena hanya bergantung pada posisi akhir dan awal saja, maka kita dapat mendefinisikan suatu kuantitas energi, yang nilainya tergantung pada posisi. Serta dipilih nilai perubahan energi ini sama dengan negatif dari usaha yang dilakukan gaya konservatif, sehingga energi ini menggambarkan potensi 'posisi' benda untuk melakukan usaha, dan kuantitas energi ini disebut energi potensial, dilambangkan U . Jadi

$$W_k = \int_a^b \vec{F}_k \cdot d\vec{s} = -\Delta U = -(U(b) - U(a)) \quad (12)$$

menu





Perhatian!

Perhatikan bahwa karena yang memiliki arti fisis, yaitu yang terkait dengan usaha, hanya selisih energi potensial, maka kita dapat bebas memilih di titik/posisi mana nilai energi potensial ini sama dengan nol.

menu





Contoh gaya konservatif

Sebagai contoh gaya konservatif adalah gaya pegas. Usaha yang dilakukan pegas pada benda ketika diregangkan dari panjang x_0 ke panjang x , $\Delta x = x - x_0$ adalah

$$W_k = \int_{x_0}^x (-kx) dx = -\frac{1}{2}k(x^2 - x_0^2) \quad (13)$$

Bila titik x_0 , dipilih sebagai titik referensi di mana energi potensialnya dipilih sama dengan nol, maka

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2 \quad (14)$$





Contoh gaya konservatif

Contoh gaya konservatif lainnya adalah gaya gravitasi bumi (gaya berat). Usaha yang dilakukan gravitasi pada benda ketika dipindah dari ketinggian h_0 ke ketinggian h , $\Delta h = h - h_0$ adalah

$$W_k = \int_{h_0}^h (-mg)dx = -mg(h - h_0) \quad (15)$$

Bila titik h_0 , dipilih sebagai titik referensi (biasanya permukaan bumi) di mana energi potensialnya dipilih sama dengan nol, maka

$$U(x) = mgh \quad (16)$$





Contoh gaya tak konservatif

Contoh gaya yang tak konservatif adalah gaya gesek. Usaha yang dilakukan gaya gesek tentu saja bergantung pada lintasan yang dilalui benda.

menu





Energi Mekanik

Total usaha yang bekerja pada sebuah benda dapat berupa usaha oleh gaya konservatif W_k dan usaha oleh gaya nonkonservatif W_{nk} . Dari pers. (9) dan (12), kita dapatkan

$$W_{\text{tot}} = W_k + W_{nk} = \Delta E_k \quad (17)$$

atau

$$-\Delta U + W_{nk} = \Delta E_k \quad (18)$$

Besaran energi potensial ditambah energi kinetik disebut sebagai energi mekanik $E_m = U + E_k$, sehingga kita dapatkan

$$\Delta E_m = \Delta(U + E_k) = W_{nk} \quad (19)$$

Perubahan energi mekanik pada suatu benda sama dengan usaha yang dilakukan oleh gaya nonkonservatif pada benda tersebut. Untuk kasus

menu



di mana hanya ada gaya konservatif yang bekerja pada suatu benda, maka perubahan energi mekanik benda sama dengan nol, dan energi mekaniknya tetap.



18/18

menu

