

DIAGRAM GAYA NORMAL

Pujayanto

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNS
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126
e-mail: pujapujayanto@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian untuk melukis diagram gaya normal kubus pada bidang datar yang dikenai gaya. Gaya normal adalah gaya yang mencegah benda untuk 'jatuh' ke tempat yang didudukinya. Arah vektor gaya normal selalu tegak lurus pada permukaan yang bersentuhan dengan benda. Titik tangkap gaya normal pada benda di bidang datar berada pada perpotongan antara resultan gaya luar dengan bidang pergeseran benda. Untuk menentukan posisi titik tangkap gaya normal digunakan konsep keseimbangan rotasi, yaitu untuk benda yang dalam keadaan seimbang rotasi berlaku bahwa di setiap titik pada benda tersebut jumlah momen gayanya nol. Disimpulkan bahwa ditemukan kejanggalan pada penentuan titik tangkap gaya normal, yaitu bahwa titik tangkap gaya normal, hanya dapat ditentukan dengan menggunakan konsep keseimbangan rotasi, di semua titik pada benda yang bersentuhan dengan bidang pergeseran.

Kata kunci: gaya normal, titik tangkap gaya.

Pendahuluan

Artikel ini menyajikan sebuah penjelasan sederhana untuk penggambaran gaya normal yang bekerja pada benda di bidang datar. Selain itu, dibahas beberapa aspek yang berhubungan dengan gerak mengguling. Gerak mengguling memainkan peran penting dalam masalah yang sering dijumpai dalam fisika dan di sejumlah aplikasi teknis, sehingga jenis gerak ini merupakan topik yang menarik perhatian di sebagian pembelajaran mekanika dalam fisika dan teknik.

Pembahasan

Gaya normal adalah gaya yang mencegah benda / objek untuk 'jatuh' ke apa pun yang didudukinya. Arah vektor gaya normal selalu tegak lurus ke permukaan yang bersentuhan / kontak dengan benda. Sebagai contoh, jika ada balok di atas lantai, maka dikatakan bahwa balok mengalami gaya normal yang diberikan oleh lantai; dan karena adanya gaya ini, balok tidak jatuh ke lantai. Arah gaya normal pada balok ke atas tegak lurus terhadap lantai.

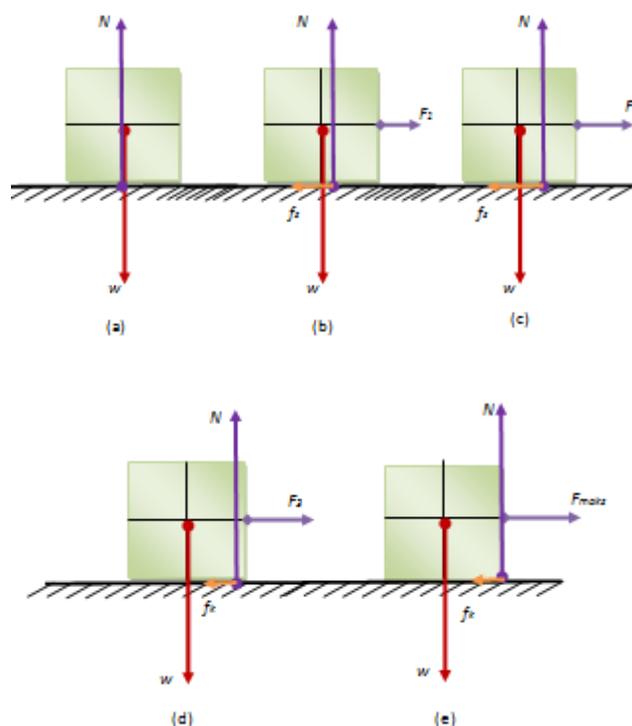
Ditinjau sebuah kubus di atas bidang datar. Jika kubus tersebut dikenai gaya mendatar, maka kubus tersebut dimungkinkan dapat menggeser atau mengguling. Jika resultan gaya

yang bekerja tidak nol, $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$, tetapi resultan momen gaya nol, $\Sigma \boldsymbol{\tau} = 0$, maka kubus akan menggeser. Ketika $\Sigma \mathbf{F} = 0$ dan $\Sigma \boldsymbol{\tau} \neq 0$, kubus akan mengguling. Sedangkan kubus akan menggeser dan mengguling, jika $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$ dan $\Sigma \boldsymbol{\tau} \neq 0$.

Gambar 1, menunjukkan penggambaran gaya normal pada kubus yang berada di atas bidang datar. Pada semua keadaan kubus tidak naik ataupun turun. Hal ini berarti pada sumbu vertikal resultan gayanya nol, sehingga terjadi keseimbangan antara gaya berat dengan gaya normal ($w = N$). Gambar (1.a), kubus yang tidak dikenai gaya luar. Pada keadaan ini gaya normal N berimpit dengan gaya berat w . Gambar (1.b) kubus dikenai gaya F_1 dan kondisinya masih diam, sehingga besar gaya F_1 sama dengan gaya gesek statis f_s . Pada Gambar (1.c) kubus dikenai gaya F_2 dengan $F_1 < F_2$ dan kondisi kubus tepat akan bergerak, sehingga besar gaya F_2 sama dengan gaya gesek statis maksimum f_s . Untuk gambar (1.d) kubus dikenai gaya F_3 dengan $F_2 < F_3$ sehingga kubus bergerak. Pada keadaan ini gaya gesek

kinetis f_k lebih kecil dari F_3 , sehingga kubus bergerak dipercepat searah dengan gaya F_3 .

Titik tangkap gaya normal bergeser ke arah yang searah dengan gaya luar F yang diberikan. Semakin besar gaya luar yang diberikan, semakin jauh titik tangkap gaya normal bergeser (lihat gambar 1.b, 1.c, 1.d dan 1.e), sehingga ketika diberi gaya F_3 , titik tangkap gaya normal semakin jauh bergeser. Pergeseran titik tangkap gaya normal ini dapat dipandang sebagai pembesaran momen gaya yang dihasilkan oleh gaya normal, untuk mengimbangi momen gaya dari gaya luar F . Apabila gaya luar semakin diperbesar hingga mencapai maksimum F_{maks} yaitu ketika kubus tepat akan mengguling, maka titik tangkap gaya normal berimpit dengan sisi kubus, Gambar (1.e). F_{maks} merupakan besarnya gaya F terbesar yang dapat diberikan pada kubus, agar kubus tetap bertranslasi saja. Sehingga apabila gaya luar yang diberikan lebih besar dari F_{maks} , maka benda akan mengguling.

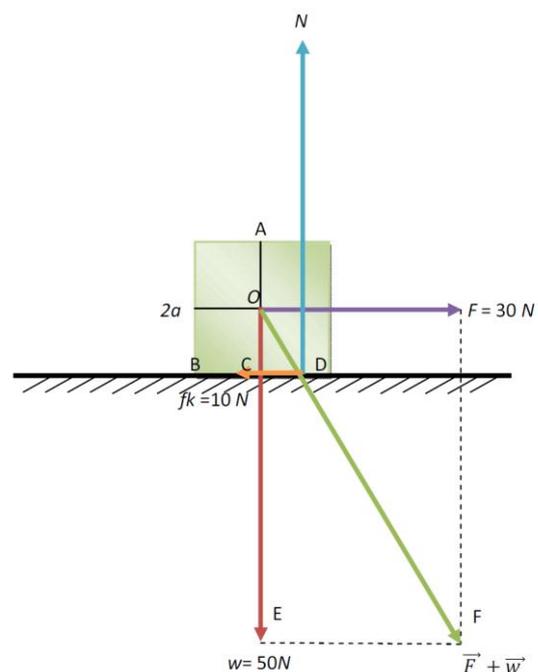


Gambar 1. Diagram gaya pada kubus yang berada di atas bidang datar dan ditarik dengan gaya F mendatar melalui pusat massanya.

Pada Gambar (1.a), (1.b) dan (1.c), benda masih dalam keadaan diam, dikatakan benda berada dalam keseimbangan translasi maupun rotasi, sehingga resultan gaya dan momen gayanya nol, $\sum \mathbf{F} = 0$ dan $\sum \boldsymbol{\tau} = 0$ (Serwey, 2004, hal. 364).

Pada Gambar (1.d) dan (1.e), benda bergerak translasi dengan gaya tetap, sehingga kubus dikatakan tidak berada dalam keseimbangan translasi, tetapi berada dalam keseimbangan rotasi, $\sum \mathbf{F} \neq 0$ dan $\sum \boldsymbol{\tau} = 0$.

Kajian ini berawal dari sebuah permasalahan sebagai berikut (soal ujian mata kuliah Fisika Matematika tentang vektor): sebuah kubus yang massanya 5 kg di atas meja ditarik dengan gaya sebesar 30 N mendatar melalui pusat massanya. Jika $\mu_k = 0,2$ dan $\mu_s = 0,3$, i). Gambarkan gaya-gaya yang bekerja, jelaskan! b). 'Tentukan jarak titik tangkap gaya normal' dari sisi kubus terjauh yang tegak lurus pada bidang pergeseran.



Gambar 2. Diagram gaya pada kubus dengan sisi $2a$ yang ditarik dengan gaya F

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dapat dihitung nilai gaya gesek statis yaitu sebesar 15N dan gaya gesek kinetis sebesar 10N, sehingga pada arah mendatar gaya luar F lebih besar dari gaya gesek. Dapat disimpulkan bahwa kubus tersebut belum mengguling (hanya bergerak translasi), maka dikatakan kubus dalam keseimbangan rotasi, sehingga resultan momen gaya di sembarang titik pada kubus (misal A,B,C,D dan O) bernilai nol. Diagram gaya-gaya yang bekerja pada kubus andaikan panjang rusuknya $2a$ ditunjukkan pada gambar 2.

Andaikan titik tangkap gaya normal berada pada titik D, seperti pada gambar 2, maka resultan momen gaya pada titik C bernilai nol:

$$\sum \tau_c = 0 \text{ atau } F \overline{OC} - N \overline{CD} = 0 \quad (1)$$

Artinya momen gaya yang diakibatkan oleh gaya F dan gaya N saling meniadakan.

Apakah posisi titik tangkap gaya normal berada di titik D? Permasalahan ini dapat dijelaskan secara geometris dengan melihat gambar 2 di atas. Nampak bahwa $\triangle OCD$ sebangun dengan $\triangle OEF$, sehingga sisi-sisi yang bersesuaian memiliki perbandingan yang sama besar.

$$\frac{\overline{OC}}{\overline{OE}} = \frac{\overline{CD}}{\overline{EF}} \text{ atau } \overline{OC} \overline{EF} - \overline{CD} \overline{OE} = 0 \quad (2)$$

Dengan substitusi $\overline{OC} = w = N$ dan $\overline{EF} = F$ ke persamaan (2), sehingga diperoleh:

$$F \overline{OC} - N \overline{CD} = 0 \quad (3)$$

Persamaan (3) sama persis dengan persamaan (1) yang menyatakan momen gaya total di titik C bernilai nol. Hal ini membuktikan bahwa titik tangkap gaya normal berada di titik perpotongan antara bidang datar dengan resultan antara gaya w dan gaya F , yaitu titik D.

Untuk permasalahan di atas maka dengan menggunakan persamaan (3), diperoleh

$$30 \times a - 50 \overline{CD} = 0$$

$$\text{atau } \overline{BD} = \frac{3a}{5} + a = \frac{8a}{5} \quad (4a)$$

Jadi jarak titik tangkap gaya normal dari sisi terjauh yang tegak lurus bidang pergeseran sama dengan

$$\overline{BD} = \frac{8a}{5}. \text{ Penyelesaian ini diperoleh dengan}$$

meninjau titik C dalam keadaan seimbang rotasi.

Apakah ditemukan jawaban yang sama, jika menggunakan konsep seimbang rotasi pada titik yang lain (A,B,D dan O)?

Ditinjau dari titik B

Momen gaya di titik B pada kubus bernilai nol, sehingga:

$$F \overline{OC} + w \overline{BC} - N \overline{BD} = 0$$

$$30 \times a + 50 \times a - 50 \overline{BD} = 0$$

$$\overline{BD} = \frac{8a}{5} \quad (4b)$$

Diperoleh jawaban yang sama dengan jawaban pertama (4a).

Ditinjau dari titik D

Momen gaya di titik B pada kubus bernilai nol, sehingga:

$$F \overline{OC} - w \overline{CD} = 0$$

$$\rightarrow 30 \times a - 50 \overline{CD} = 0 \rightarrow \overline{CD} = \frac{3a}{5}$$

$$\overline{BD} = \frac{8a}{5} \quad (4c)$$

Diperoleh jawaban yang sama dengan jawaban pertama (4a) dan kedua (4b).

Ditinjau dari titik O (pusat massa)

Momen gaya di titik B pada kubus bernilai nol.

$$f_k \overline{OC} - N \overline{CD} = 0$$

$$10 \times a - 50 \overline{CD} = 0 \rightarrow \overline{CD} = \frac{a}{5}$$

$$\overline{BD} = \frac{6a}{5} \quad (4d)$$

Diperoleh jawaban yang tidak sama dengan jawaban pertama (4a).

Ditinjau dari titik A

Momen gaya di titik A pada kubus bernilai nol.

$$f_k \overline{AC} - N \overline{CD} = 0$$

$$10 \times 2a - 50 \overline{CD} = 0 \rightarrow \overline{CD} = \frac{2a}{5}$$

$$\overline{BD} = \frac{7a}{5} \quad (4e)$$

Diperoleh jawaban yang tidak sama dengan jawaban pertama (4a).

Karena kubus merupakan benda tegar, dari permasalahan tersebut di atas, bila titik C dalam keadaan seimbang rotasi, maka titik-titik yang lain harus berada dalam keadaan seimbang rotasi pula. Jika hal ini dipenuhi, maka jawaban (4d) dan (4e) seharusnya sama dengan jawaban (4a), (4b) dan (4c). Kajian ini masih menghasilkan permasalahan, yaitu di manakah letak kesalahan yang mengakibatkan kejanggalan ini.

Simpulan dan Saran

Ditemukan kejanggalan pada penentuan titik tangkap gaya normal, yaitu bahwa titik tangkap gaya normal, hanya dapat ditentukan dengan menggunakan konsep keseimbangan rotasi di semua titik pada benda yang bersentuhan dengan bidang pergeseran.

Daftar Pustaka

Serway, R. A. & Jewett, J.W.,(2004) *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*, Thomson Brooks/Cole.