



1/30

# FISIKA DASAR (TEKNIK SIPIL)

## DINAMIKA GERAK

Mirza Satriawan

Physics Dept.  
Gadjah Mada University  
Bulaksumur, Yogyakarta  
email: [mirza@ugm.ac.id](mailto:mirza@ugm.ac.id)

menu





# Definisi Dinamika

Cabang dari ilmu mekanika yang meninjau gerak partikel dengan meninjau penyebab geraknya dikenal sebagai dinamika.

Dalam bagian ini kita akan membahas konsep-konsep yang menghubungkan kondisi gerak benda dengan keadaan-keadaan luar yang menyebabkan perubahan keadaan gerak benda.

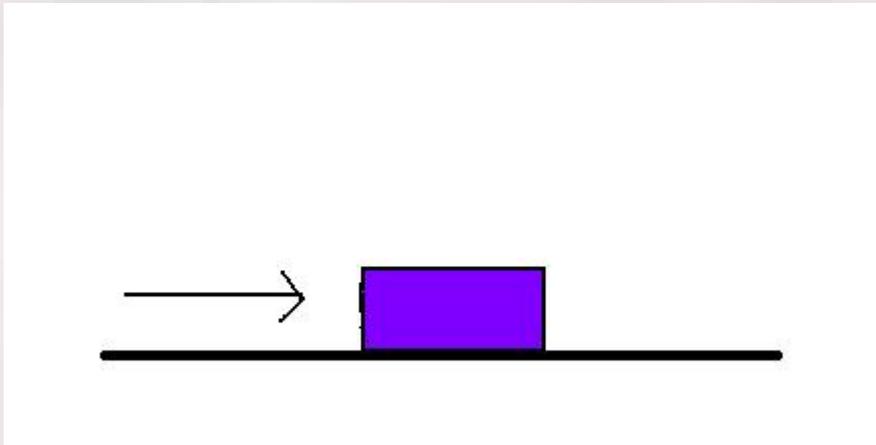
menu





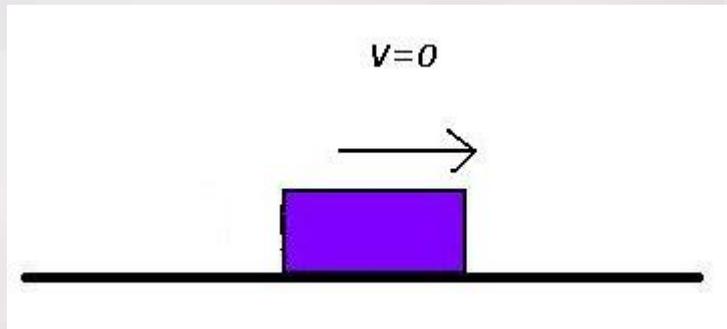
# Inersia

Bila sebuah benda berada dalam keadaan diam, untuk menggerakkan-nya dibutuhkan pengaruh luar. Misalnya untuk menggerakkan sebuah balok yang diam di atas lantai, kita dapat mendorongnya. Dorongan kita ini adalah pengaruh luar terhadap balok tadi yang menyebabkan benda tersebut bergerak.





Dari pengalaman sehari-hari, ketika pengaruh luar, yaitu dorongan kita tadi, dihilangkan dari balok, maka balok tersebut lama-lama akan berkurang kecepatannya dan akhirnya diam. Kesimpulan sementara: agar sebuah benda terus bergerak kita perlu memberi dorongan pada benda tadi terus menerus, dan bila pengaruh luar tersebut hilang, maka benda akan kembali diam???



menu





# Perhatian

Tetapi apakah pengaruh luar pada benda tadi benar-benar sudah hilang? Bagaimana dengan pengaruh rantai terhadap benda tadi, yang jelas-jelas menghambat gerak benda? Seandainya kita memilih rantai yang permukaannya licin, dan balok kita tadi juga memiliki permukaan yang licin maka setelah dorongan kita hilangkan, balok tadi masih akan tetap bergerak untuk waktu yang cukup lama.

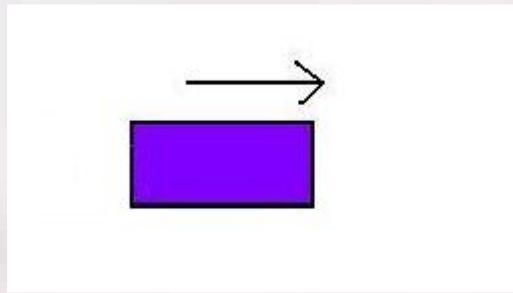
menu





## Kesimpulannya

Bayangkan bila tidak ada hambatan (super licin) dari lantai terhadap balok, maka balok tadi akan tetap terus bergerak dengan kecepatan konstan walaupun dorongan kita sudah dihilangkan. Jadi bila pengaruh luar pada sebuah benda benar-benar dihilangkan, maka sebuah benda akan tetap diam bila pada mulanya diam, dan akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan, bila pada mulanya bergerak dengan kecepatan konstan.





# Hukum Inersia

Kesimpulan ini, yang pertama kali disimpulkan oleh Galileo Galilei, dikenal sebagai prinsip inersia atau kelembaman. Benda-benda cenderung untuk mempertahankan kondisi geraknya, bila dia diam, akan tetap diam dan bila bergerak, akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan, selama tidak ada pengaruh luar yang mengubah kondisi geraknya.

menu





8/30



menu





# Hukum Newton

Bagaimana pengaruh luar mempengaruhi perubahan kondisi gerak suatu benda? Hal ini dijawab dengan hukum Newton ke-2. Karena keadaan 'alami' suatu benda adalah dia bergerak dengan kecepatan tertentu (diam adalah 'bergerak' dengan  $\vec{v} = 0$ ), maka logis bila dikatakan pengaruh luar akan menyebabkan perubahan kecepatan  $\Delta\vec{v}$ .

menu





10/30



menu





## Kesimpulan

Dari sini dapat disimpulkan bahwa pengaruh luar tersebut akan menyebabkan percepatan pada benda. Tetapi dari berbagai pengamatan ditemukan bahwa untuk menghasilkan perubahan kecepatan yang sama, pada benda yang berbeda dibutuhkan 'besar' pengaruh luar yang berbeda pula. Sebaliknya dengan besar pengaruh luar yang sama, perubahan kecepatan pada benda-benda ternyata berbeda-beda.

menu



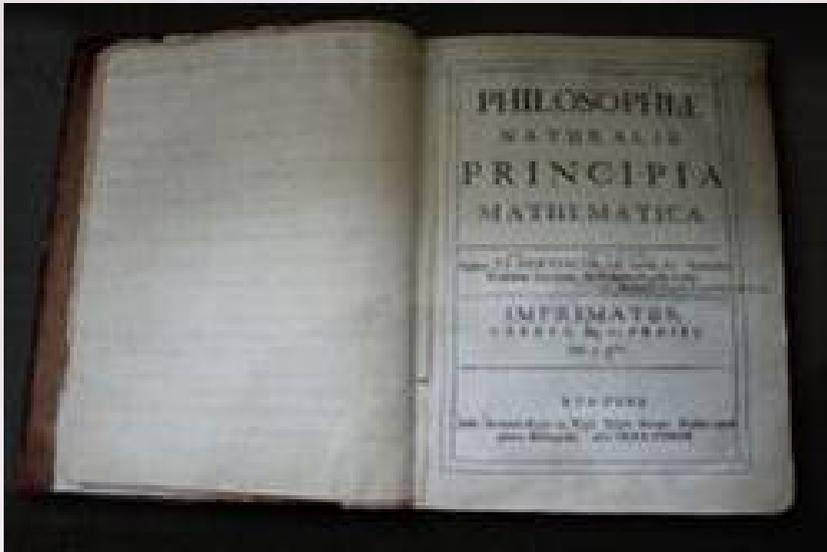


# Massa Inersia

Jadi ada suatu kuantitas intrinsik (diri) pada benda yang menentukan ukuran seberapa besar sebuah pengaruh luar dapat mengubah kondisi gerak benda tersebut. Kuantitas ini tampaknya sebanding dengan jumlah zatnya, tetapi juga tergantung pada jenis zatnya. Kuantitas intrinsik pada benda-benda ini kemudian disebut sebagai massa inersia, disimbolkan dengan  $m$ . Massa inersia (atau sering juga disebut saja sebagai massa) memberikan ukuran derajat kelembaman atau derajat inersia sebuah benda. Satuan dari massa adalah kilogram, dalam satuan SI.

menu





menu





# Gaya

Makin besar massanya makin sulit untuk menghasilkan perubahan kondisi gerak pada benda tersebut. Pengaruh luar yang menyebabkan berubahnya keadaan gerak suatu benda kemudian disebut sebagai gaya (*force*) dan disimbolkan dengan  $\vec{F}$ . Satuan dari gaya adalah newton (N).

menu





# Definisi momentum

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa 'kuantitas gerak' suatu benda tergantung pada massa inersia dan kecepatan benda. Untuk itu didefinisikan suatu besaran vektor yang disebut sebagai momentum  $\vec{p} \equiv mv$ , sebagai kuantitas gerak suatu benda. Gaya kemudian didefinisikan (diukur) sebagai laju perubahan momentum

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (1)$$

Inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum Newton kedua tentang gerak benda. Yaitu pengaruh luar (gaya) yang bekerja pada sebuah benda sebanding dengan laju perubahan kuantitas gerak (momentum) terhadap waktu.





# Hukum Newton pertama

Sedangkan hukum Newton pertama adalah kasus khusus ketika tidak ada pengaruh luar pada sebuah benda, atau ketika gayanya sama dengan nol, yang tidak lain adalah perumusan ulang dari prinsip inersia. Yaitu bila total gaya yang bekerja pada sebuah benda adalah nol, maka benda tersebut akan tetap diam bila awalnya diam atau akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan bila awalnya bergerak.

Untuk kasus di mana massa benda tetap konstan, maka

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}. \quad (2)$$





# Hukum Newton Ketiga

Hukum Newton ketiga memberikan informasi tentang sifat gaya. Gaya yang bekerja pada sebuah benda berasal dari benda lain yang ada di lingkungannya. Dari fakta serta eksperimen diketahui bahwa ketika sebuah benda memberi gaya pada benda kedua, benda kedua juga akan memberi gaya pada benda pertama tadi.

menu





Walaupun secara prinsip, sifat gaya-gaya tadi tidak dapat dipastikan kecuali lewat eksperimen, tetapi kita dapat memahaminya melalui pengandaian berikut ini. Ditinjau suatu sistem yang terdiri dari dua partikel. Bila tidak ada gaya dari luar sistem yang mempengaruhinya, sistem tadi sebagai satu kesatuan, tampak tidak mengalami pengaruh luar, sehingga seharusnya sistem tersebut akan tetap diam atau bergerak dengan kecepatan konstan, sesuai hukum newton kedua. Kita dapat memilih suatu kerangka acuan di mana sistem dalam keadaan diam.

menu



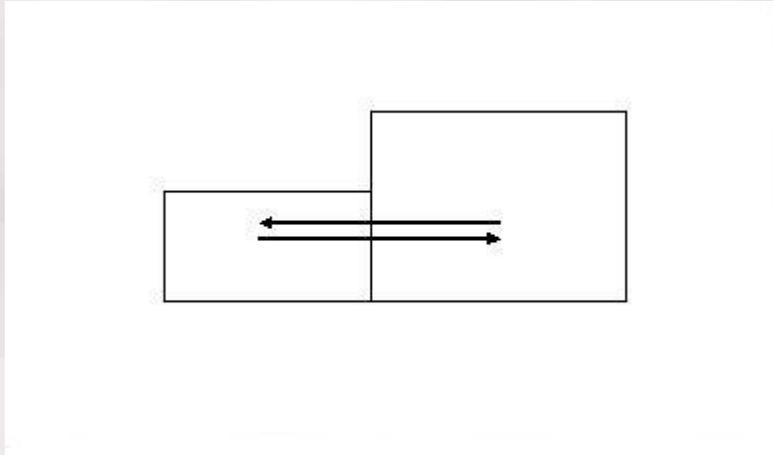


Seandainya antara benda pertama dan benda kedua dalam sistem saling memberi gaya pada yang lain, maka semua total gaya seharusnya nol, karena sistem tidak berubah keadaan geraknya.

Jadi gaya yang diberikan benda pertama pada benda kedua  $\vec{F}_{21}$  ditambah dengan gaya yang diberikan benda kedua pada benda pertama  $\vec{F}_{12}$  harus sama dengan nol, yang berarti

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$





menu





# Aksi Reaksi

Pasangan gaya semacam di atas sering disebut sebagai pasangan gaya aksi-reaksi, dan persamaan di atas disebut sebagai hukum newton ketiga atau hukum aksi-reaksi. Kata aksi-reaksi di sini tidak mengandung arti suatu proses sebab akibat, karena kedua pasangan aksi-reaksi tersebut muncul secara bersamaan. Bila salah satu gaya disebut sebagai aksi, maka pasangannya adalah reaksi, demikian juga sebaliknya.

menu





# Perhatian

Perlu diperhatikan bahwa pasangan aksi-reaksi selalu bekerja pada dua benda yang berbeda, bukan pada satu benda yang sama.

menu





# Beberapa Jenis Gaya

Hukum newton hanya memberikan perumusan tentang bagaimana gaya mempengaruhi keadaan gerak suatu benda, yaitu melalui perubahan momentumnya. Sedangkan bagaimana perumusan gaya dinyatakan dalam variabel-variabel keadaan benda, harus dicari melalui pengamatan terhadap benda-benda penyebab gaya.

menu





# Gaya berat

Untuk semua benda yang dekat permukaan bumi, percepatan gravitasi yang dialami benda dianggap sama, sehingga berat benda sebanding dengan massanya. Gaya berat pada sebuah benda yang dekat dengan permukaan bumi diberikan oleh

$$W = mg \quad (3)$$

dengan  $g$  adalah percepatan gravitasi bumi, yang nilainya pada permukaan bumi sekitar  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Untuk benda jauh dari permukaan bumi, harus digunakan perumusan percepatan gravitasi yang diperoleh dari hukum gravitasi universal.

menu





## Gaya pegas

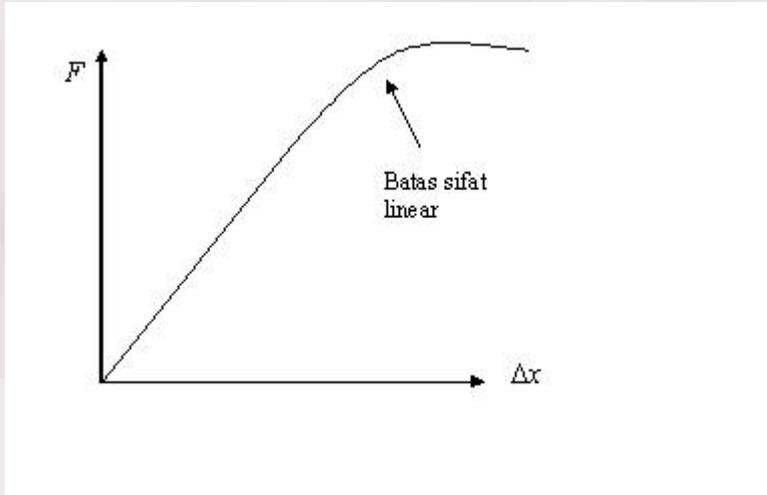
Sebuah pegas ideal bila diregangkan atau ditekan akan memberikan gaya yang sebanding dengan besar perubahan panjang pegas. Jadi gaya yang diberikan oleh pegas adalah

$$\vec{F} = -k\Delta\vec{x} \quad (4)$$

$\Delta\vec{x}$  adalah vektor besar perubahan panjang pegas dan tanda negatif pada persamaan di atas menunjukkan arah gayanya yang berlawanan dengan arah perubahan panjang pegas. Konstanta kesebandingan  $k$  disebut juga sebagai konstanta pegas. Kebanyakan pegas real akan mengikuti pers. (4) untuk nilai  $\Delta\vec{x}$  yang cukup kecil.

menu





menu



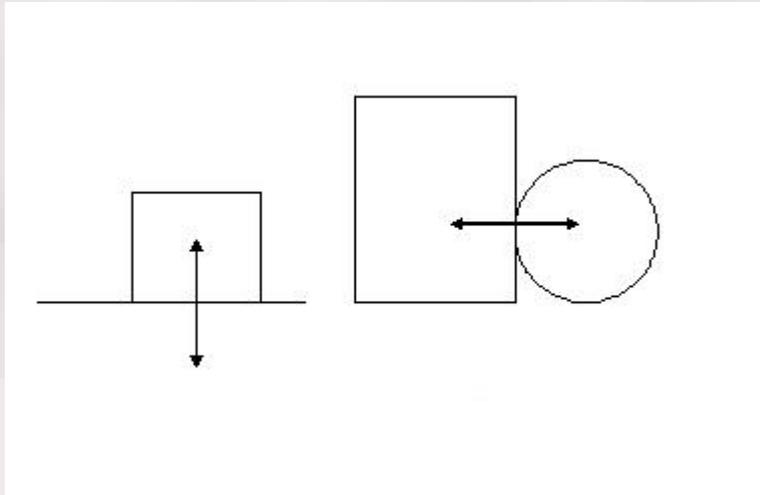


## Gaya normal/Gaya kontak

Antara dua permukaan benda yang saling bersentuhan akan ada gaya dari permukaan benda yang satu ke permukaan benda yang kedua, dan sebaliknya. Arah gaya normal ini tegak lurus terhadap permukaan dan membentuk pasangan aksi-reaksi. Selain dari itu tidak ada informasi lain mengenai besar gaya normal. Tetapi besar gaya normal dapat diketahui dari persamaan-persamaan hukum Newton, bila besar gaya-gaya yang lain diketahui.

menu





menu





# Gaya gesekan

Antara dua permukaan benda yang bersentuhan akan ada gaya yang mengarah tangensial terhadap permukaan sentuh. Gaya ini merupakan pasangan dari gaya normal/gaya kontak dan secara bersama mendeskripsikan total gaya yang bekerja antara dua benda yang bersentuhan. Gaya tangensial ini lebih sering dikenal sebagai gaya gesekan, karena sifatnya yang menghambat gerak dari benda yang bersentuhan. Dipostulatkan bahwa gaya gesekan ini sebanding dengan gaya normal, karena bila gaya normal tidak ada berarti tidak terjadi persentuhan dan tidak akan ada gesekan. Koefisien kesebandingannya disebut sebagai koefisien gesekan. Ketika sebuah benda dalam keadaan diam di atas suatu permukaan ternyata dibutuhkan gaya yang lebih besar pada awalnya untuk memulai gerakan. Hal ini karena antara atom-atom ataupun molekul kedua permukaan telah terbentuk ikatan-ikatan antara molekul maupun atom.

menu





Sehingga dibutuhkan lebih banyak gaya untuk memutus ikatan tersebut. Karena itu ada dua jenis koefisien gesekan, koefisien gesekan statis  $\mu_s$ , yang terkait dengan benda yang diam dan koefisien gesekan kinetik  $\mu_k$ , untuk benda yang bergerak. Gaya gesekan kinetik  $f_k$  selalu berlawanan arah dengan arah gerak benda, dan besarnya dirumuskan sebagai

$$f_k = \mu_k N. \quad (5)$$

Sedangkan gesekan statik selalu berlawanan arah dengan arah gaya yang berusaha menggerakkan benda, dan besarnya dirumuskan sebagai

$$f_s = \mu_s N. \quad (6)$$

