

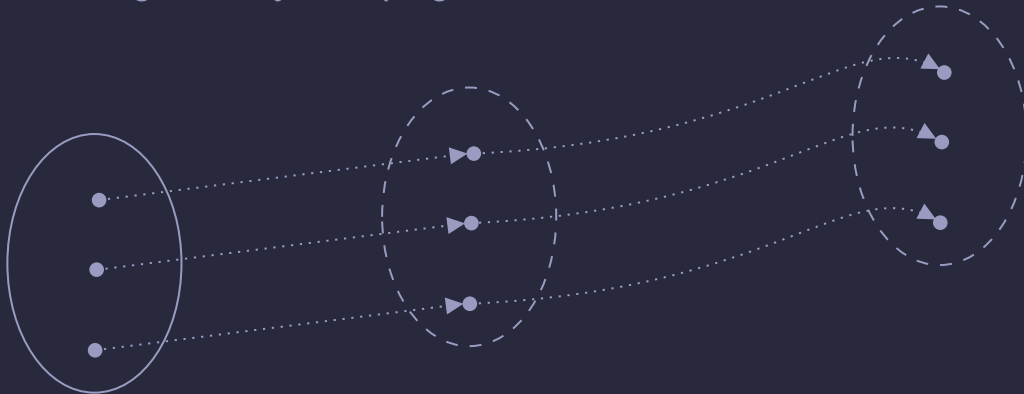
Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar

Z. Nayaka Athadiansyah

Kita sudah mempelajari kinematika dan dinamika partikel. Kita telah menginvestigasi suatu mobil yang bergerak dengan kelajuan atau akselerasi konstan, bola yang dilempar ke atas atau dijatuhkan dari atas gedung, bola meriam yang bergerak dengan lintasan berbentuk parabola dan sudut elevasi tertentu, suatu sistem katrol yang memiliki akselerasi, serta gerakan suatu balok di atas bidang datar atau bidang miring yang licin.

Selamat karena telah bertahan sejauh ini. Masih ada banyak keindahan dan kerumitan dalam fisika yang menunggu.

Ketika meninjau kasus-kasus yang disebutkan pada paragraf pertama, kita mengasumsikan bahwa gerakan benda tersebut hanyalah **gerak translasi**. Semua titik yang ada pada benda bergerak secara seragam menuju arah yang sama.

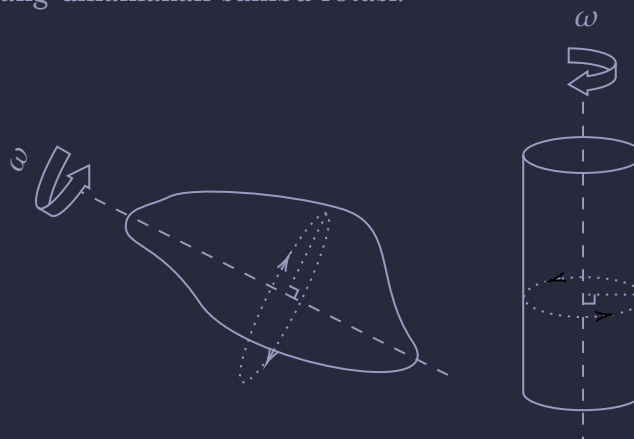


Gambar 1. Pada suatu benda yang bergerak translasi murni, semua titik bergerak secara seragam pada arah yang sama

Kita bisa memikirkan gerak translasi dengan membayangkan seolah-olah semua massa yang ada pada benda tersebut dipadatkan dan dikumpulkan pada satu titik saja, dan pada titik inilah semua gaya bekerja pada benda. Titik ini dinamakan **pusat massa**.

0.1 Kinematika Rotasi

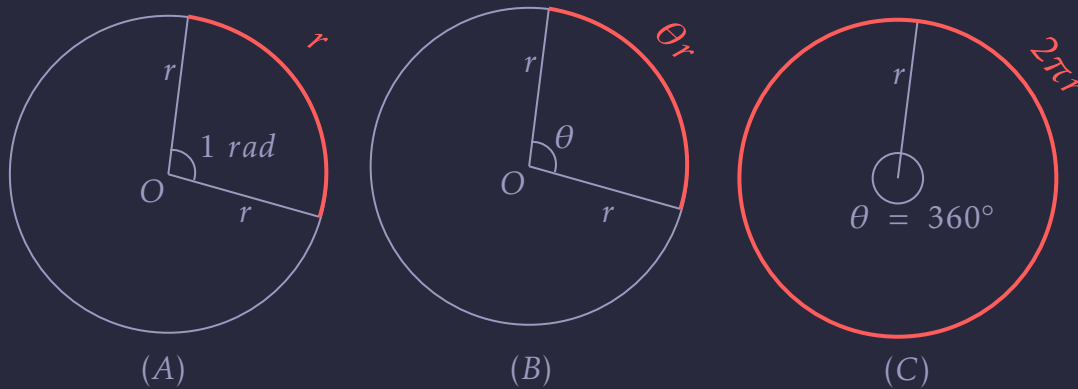
Definisi 1. Gerak rotasi adalah gerakan di mana tiap titik pada suatu benda bergerak melingkar memutar suatu sumbu yang dinamakan sumbu rotasi.



Gambar 2. Dua benda yang berotasi terhadap suatu sumbu

Pada gerak translasi, kita berurusan dengan perpindahan (Δs) serta turunan-turunannya terhadap waktu, yakni kecepatan (v) dan percepatan (a). Ketiganya punya kembaran pada gerak rotasi, yakni **perpindahan sudut** ($\Delta\theta$), **kecepatan sudut** (ω), dan **percepatan sudut** (α). Percaya atau tidak, persamaan-persamaan pada kinematika gerak translasi juga memiliki kembaran pada gerak rotasi.

0.1.1 Satuan Radian



Gambar 3. Lingkaran dengan jari-jari r

Misalkan pada sebuah lingkaran (titik pusat: O) dengan jari-jari r ada suatu busur dengan panjang r juga. Maka sudut pusat yang mengapit busur ini didefinisikan sebagai 1 radian. Secara umum, jika besar sudut pusatnya adalah θ , maka panjang busur yang diapit adalah θr .

Kalau sudut pusatnya adalah satu putaran ($\theta = 360^\circ$), maka panjang busur yang diapit (θr) setara dengan keliling lingkaran ($2\pi r$). Jadi,

$$\theta r = 2\pi r$$

$$\theta = 2\pi$$

$$360^\circ = 2\pi$$

Dari fakta bahwa $360^\circ = 2\pi$, bisa kita temukan nilai untuk sudut-sudut lainnya:

Derajat	Radian	Derajat	Radian
180°	$= \frac{1}{2} \cdot 360^\circ = \frac{1}{2} \cdot 2\pi = \pi$	60°	$= \frac{1}{6} \cdot 360^\circ = \frac{1}{6} \cdot 2\pi = \frac{\pi}{3}$
90°	$= \frac{1}{2} \cdot 180^\circ = \frac{1}{2} \cdot \pi = \frac{\pi}{2}$	30°	$= \frac{1}{2} \cdot 60^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6}$
45°	$= \frac{1}{2} \cdot 90^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{4}$	150°	$= 180^\circ - 30^\circ = \pi - \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6}$

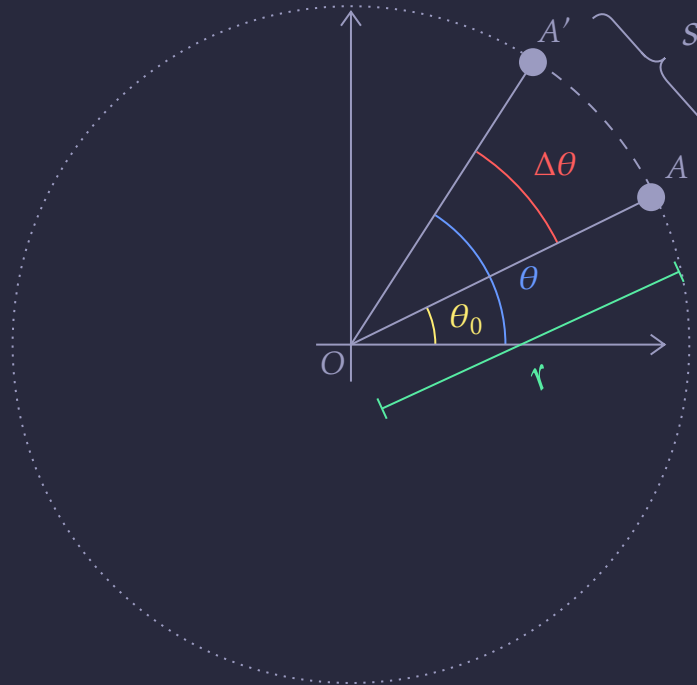
dan seterusnya.

Ketimbang satuan derajat, satuan radian lah yang dijadikan sebagai satuan sudut dalam Sistem Satuan Internasional. Satuan radian juga dipakai dalam kalkulus. Salah satu kelebihan satuan radian adalah dapat menghubungkan antara besaran sudut dengan besaran panjang, sebagaimana telah dicontohkan pada ilustrasi tadi. Selain itu, penulisan satuan radian pun juga lebih sederhana.

Satuan radian juga tidak arbitrer. Fakta bahwa sudut satu putaran adalah 2π lebih masuk akal karena bisa dikaitkan dengan keliling lingkaran.

Bagaimana dengan satuan derajat? Satuan derajat lebih arbitrer. Tak jarang kita menanyakan pertanyaan semacam “Kenapa sudut satu putaran itu 360° , bukan 100° atau 200° ?” Itu semua adalah warisan sejarah dari bangsa Babilonia yang menggunakan sistem bilangan seksagesimal (basis 60).

0.1.2 Persamaan-Persamaan Kinematika Rotasi



Gambar 4. Benda A mengalami perpindahan sudut $\Delta\theta$ dan melintasi jarak s

Misalkan benda A mulanya membentuk sudut θ_0 terhadap suatu sumbu seperti pada Gambar 4. Benda A kemudian berotasi terhadap titik O dengan jarak r . Mulanya benda A membentuk Beberapa saat kemudian, sudut yang terbentuk menjadi θ . Maka **perpindahan sudut** ($\Delta\theta$, radian) didefinisikan sebagai

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \quad (\text{A.1})$$

dengan arah berlawanan jarum jam adalah arah positif, dan sebaliknya.

Jarak yang ditempuh oleh benda (s , meter) setara dengan busur yang diapit oleh sudut $\Delta\theta$. Berdasarkan definisi radian yang telah dibahas sebelumnya, jarak tersebut adalah

$$s = |\Delta\theta| \cdot r \quad (\text{A.2})$$

dengan $\Delta\theta$ dalam satuan radian.¹

Kecepatan sudut $\vec{\omega}$, (radian per detik) didefinisikan sebagai perpindahan sudut yang terjadi dalam satu satuan waktu. Misalkan benda menempuh sudut $\Delta\theta$ dalam waktu Δt , maka kecepatan sudut rata-ratanya adalah

$$\overline{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (\text{A.3})$$

Ketika ω bernilai positif, maka benda berotasi berlawanan arah jarum jam, dan sebaliknya. Kelajuan rata-rata benda adalah jarak (s) dibagi waktu (Δt), yakni

¹Notasi yang lebih umum digunakan adalah $S = \theta r$. Akan tetapi, di catatan ini θ digunakan untuk menotasikan “sudut akhir”. Nilai mutlak digunakan di sini karena $\Delta\theta$ bisa jadi negatif, padahal jarak haruslah positif.

$$v = \frac{s}{\Delta t} = \frac{\Delta \theta \cdot r}{\Delta t} = \omega r \quad (\text{A.4})$$

dan kelajuan ini didefinisikan sebagai kelajuan tangensial, karena arah gerak benda tegak lurus dengan jari-jari lintasan sebagaimana digambarkan di bawah ini:

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\Delta \theta = \frac{\omega + \omega_0}{2} t$$

$$\Delta \theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\Delta \theta = \omega t - \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha \Delta \theta$$

0.2 Dinamika Rotasi

Penyebab dari gerak translasi adalah gaya. Bagaimana dengan gerak rotasi? Pada gerak rotasi, penyebabnya adalah **torsi**.

Daftar Pustaka

Giancoli, Douglas C. (2016). *Physics: Principles with applications* (jilid ke-1, edisi ke-7). Boston, Mass: Pearson.

Halliday, David; Resnick, Robert; Silaban, Pantur (penerj.); Sucipto, Erwin (penerj.). (1984). *Fisika* (jilid ke-1, edisi ke-3). Jakarta: Erlangga.

Catatan

- Ketika mengenalkan suatu variabel, penulis sering menuliskannya dengan format **variabel** (simbol variabel, satuan variabel dalam SI). Misalnya: **Kecepatan sudut** (ω , radian per detik)
- Secara *default*, satuan-satuan yang digunakan di sini adalah Satuan Internasional, misalnya radian untuk satuan sudut, meter untuk panjang, dan detik untuk waktu.
- Penulis berusaha menjaga kekonsistenan dan keakuratan tiap pernyataan. Sebagai contoh, di sini penulis merumuskan kelajuan linear/tangensial sebagai $v = |\omega|$