

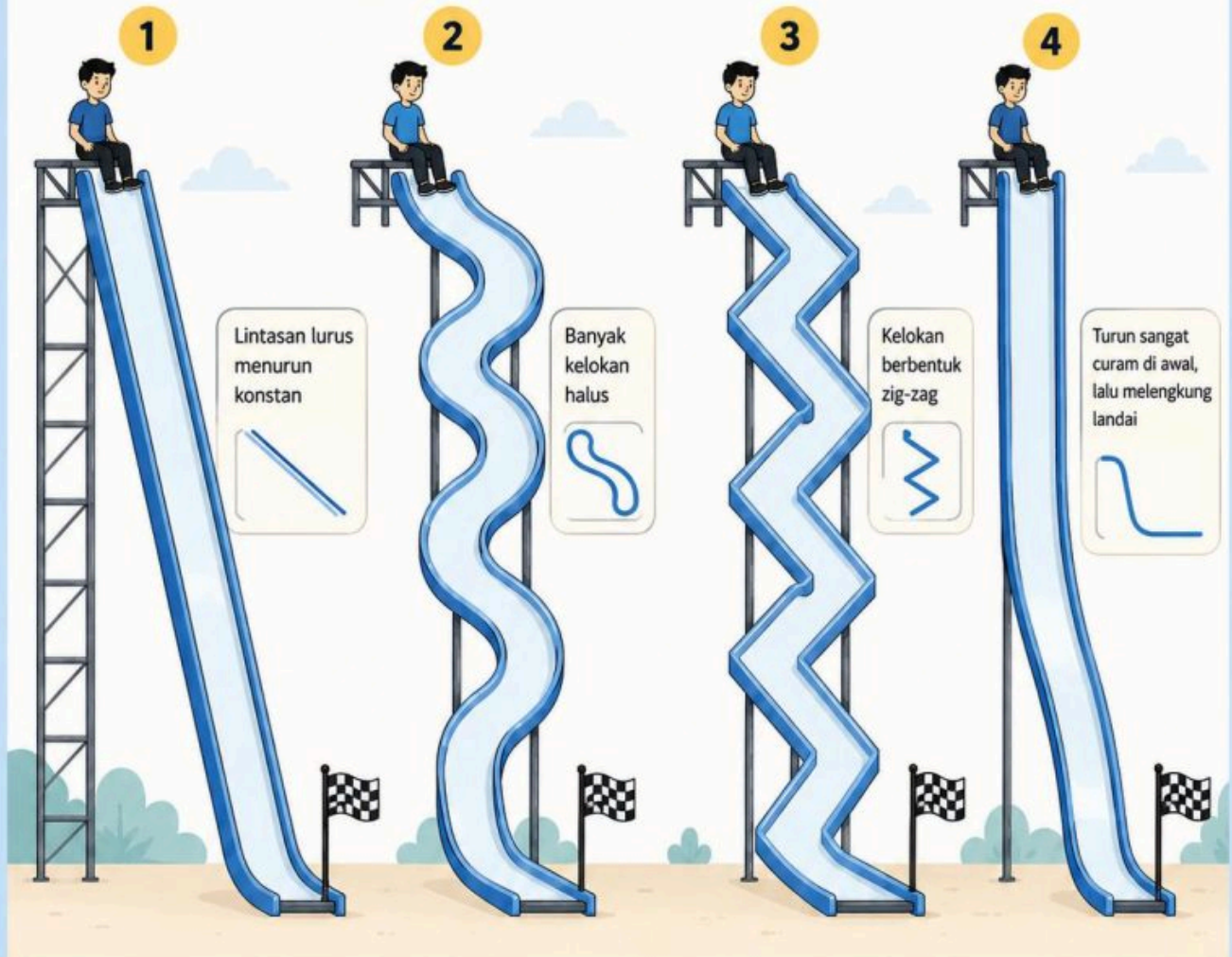
Siapa yang Sampai di Bawah Lebih Dulu? Mengapa Jalur Tercepat Tidak Selalu yang Terpendek

29 Agustus 2026 • Artikel

Empat orang meluncur dari ketinggian yang sama. Ada yang melewati lintasan lurus, berkelok halus, berbentuk zig-zag, dan ada pula yang turun sangat curam sebelum melandai. Siapa yang mencapai bawah lebih dahulu? Empat lintasan berawal dan berakhir pada ketinggian yang sama, tetapi bentuk lintasannya berbeda. Jawaban singkat: nomor 4, dengan satu catatan penting Untuk soal konsep [...]

SIAPA YANG SAMPAI DI BAWAH LEBIH DULU?

Pikirkan!
?



Ingat:

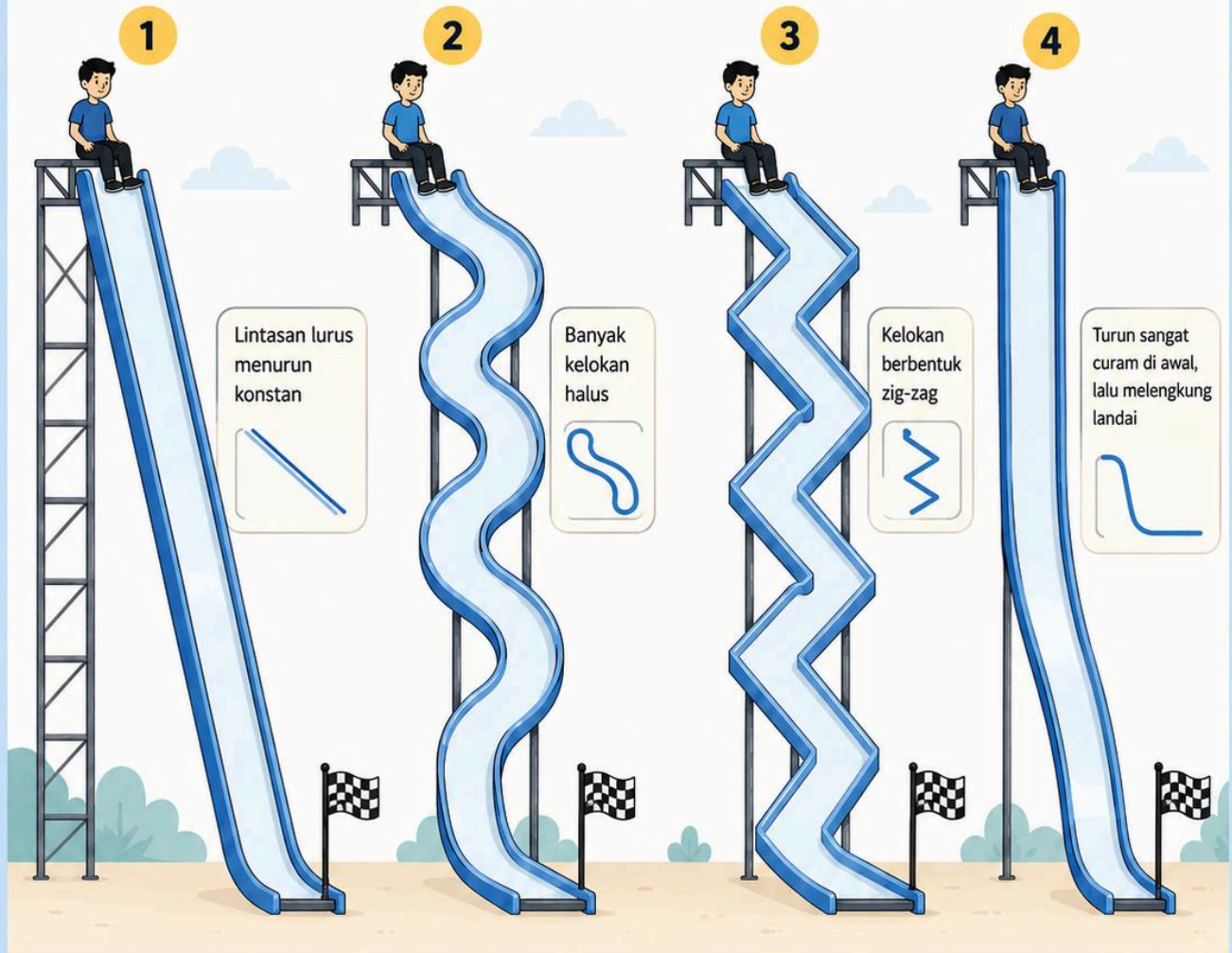
Semua mulai dari ketinggian yang sama, sehingga kecepatan di bawah akan sama (abaikan gesekan). Namun, **waktu tempuh bisa berbeda!**



Empat orang meluncur dari ketinggian yang sama. Ada yang melewati lintasan lurus, berkelok halus, berbentuk zig-zag, dan ada pula yang turun sangat curam sebelum melandai. Siapa yang mencapai bawah lebih dahulu?

SIAPA YANG SAMPAI DI BAWAH LEBIH DULU?

Pikirkan!
?



Ingat:

Semua mulai dari ketinggian yang sama, sehingga kecepatan di bawah akan sama (abaikan gesekan). Namun, **waktu tempuh bisa berbeda!**



Empat lintasan berawal dan berakhir pada ketinggian yang sama, tetapi bentuk lintasannya berbeda.

Jawaban singkat: nomor 4, dengan satu catatan penting

Untuk soal konsep seperti pada gambar, jawaban yang **dimaksud kemungkinan besar** adalah **nomor 4**. Alasannya bukan karena orang di lintasan 4 mempunyai kecepatan akhir lebih besar.

Keunggulannya datang dari cara lintasan itu membuat orang memperoleh kecepatan besar lebih awal.

Namun, dari gambar tanpa skala kita belum dapat membuktikan secara numerik bahwa nomor 4 pasti menang. Panjang setiap lintasan, bentuk kurva, radius tikungan, dan gesekan tidak diberikan. Jadi, “nomor 4” adalah jawaban konseptual berdasarkan bentuk yang turun curam di awal, bukan hasil pengukuran empat lintasan tersebut.

Kaitan dengan pelajaran IPA di sekolah

Artikel ini paling langsung berkaitan dengan **IPA SMP Kelas VIII, Fase D**. Dalam Capaian Pembelajaran IPA Fase D, peserta didik mempelajari ragam gerak dan gaya serta memahami hubungan konsep usaha dan energi. ATP IPA Fase D juga memuat tujuan untuk:

- menganalisis hubungan gerak dan gaya serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari; dan
- mengelaborasi hubungan usaha dan energi dari fenomena yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

Gambar lintasan ini menyediakan fenomena sehari-hari untuk mempertemukan dua tujuan tersebut. Siswa tidak hanya menghitung energi, tetapi menggunakannya untuk menjelaskan gerak: mengapa benda pada lintasan berbeda dapat memiliki kelajuan akhir sama, namun sampai pada waktu yang berbeda.

Kaitan langsung dengan buku siswa Kelas VIII

Dalam **Bab III: Memanfaatkan Usaha, Energi, dan Pesawat Sederhana**, buku siswa membahas energi kinetik, energi potensial, dan energi mekanik. Aktivitas 3.2, “**Roller Coaster Kardus**”, bahkan meminta siswa melepas bola atau kelereng pada lintasan, mengamati perubahan energi potensial dan kinetik, lalu menentukan jalur yang membuat bola bergerak lebih cepat atau lebih lambat.

Artikel ini dapat dipakai sebagai pertanyaan lanjutan setelah aktivitas tersebut: jika titik awal dan akhirnya dibuat sama, apakah lintasan terpendek selalu menghasilkan waktu tempuh paling singkat?

Setelah belajar, siswa diharapkan dapat

- menjelaskan perubahan energi potensial gravitasi menjadi energi kinetik;
- membedakan **kelajuan akhir** dari **waktu tempuh**;
- menghubungkan kemiringan lintasan dengan komponen gaya dan percepatan gerak;

- merancang pengujian sederhana, mengukur waktu, membandingkan data, serta menyebutkan pengaruh gesekan dan ketidakpastian pengukuran.

Batas tingkat materi: konsep energi potensial, energi kinetik, energi mekanik, dan percobaan kelereng sesuai untuk penguatan IPA Kelas VIII. Integral waktu, cycloid, dan brachistochrone bukan tuntutan eksplisit CP; bagian itu adalah **pengayaan**, sekaligus jembatan menuju Fisika Fase F tentang kinematika serta hubungan gaya dan gerak.

Yang sama adalah kecepatan akhirnya

Dalam model tanpa gesekan, energi mekanik kekal. Jika peserta mulai dari diam dan turun setinggi h , energi potensial gravitasi berubah menjadi energi kinetik:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

Massa m muncul pada kedua ruas sehingga saling menghilangkan. Kecepatan pada bagian bawah menjadi:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Artinya, selama titik awal dan titik akhirnya sama tinggi, semua peserta mempunyai **kecepatan akhir yang sama**—apa pun bentuk lintasannya.

Untuk penurunan vertikal 10 m dan $g = 9,81 \text{ m/s}^2$:

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 10} \approx 14,0 \text{ m/s}$$

Hasil ini juga berlaku pada titik-titik antara: jika dua peserta sudah turun sejauh vertikal yang sama, kelajuan mereka sama dalam model ideal tersebut.

Yang berbeda adalah waktu tempuhnya

Untuk memahami gagasan utamanya, siswa SMP cukup membandingkan kapan sebuah benda memperoleh kelajuan besar. Bentuk integral di bawah ini merupakan pengayaan matematis dan boleh dilewati.

Waktu untuk melewati potongan lintasan kecil ds adalah:

$$dt = \frac{ds}{v}$$

Karena kelajuan bergantung pada seberapa jauh peserta sudah kehilangan ketinggian, waktu total dapat ditulis secara konseptual sebagai:

$$t = \int \frac{ds}{\sqrt{2g \Delta h(s)}}$$

Di sini $\Delta h(s)$ adalah penurunan vertikal sejak titik awal. Persamaan ini memperlihatkan dua hal yang sama-sama penting:

- lintasan yang lebih panjang menambah ds dan cenderung menambah waktu;
- lintasan yang turun lebih cepat membuat Δh cepat membesar, sehingga kelajuan menjadi besar lebih awal dan cenderung mengurangi waktu.

Jadi, jarak terpendek belum tentu menghasilkan waktu terpendek.

Mengapa turun curam di awal membantu?

Pada lintasan yang membentuk sudut θ terhadap arah horizontal, komponen percepatan gravitasi sepanjang lintasan adalah:

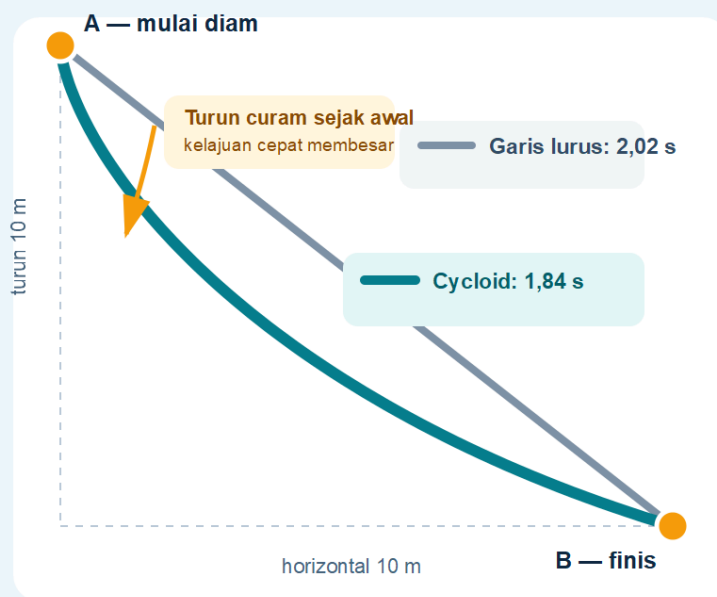
$$a_t = g \sin \theta$$

Jika bagian awal lintasan hampir vertikal, maka $\theta \approx 90^\circ$ dan $a_t \approx g$. Peserta segera kehilangan ketinggian dan mendapatkan kelajuan besar. Sisa lintasan kemudian dilalui dengan kelajuan yang sudah tinggi.

Sebaliknya, pada lintasan yang landai atau banyak bergerak ke samping, peserta lebih lama berada pada kelajuan rendah. Inilah alasan lintasan 2 dan 3 pada gambar diduga kalah: keduanya menambah jarak tanpa memperoleh penurunan ketinggian secepat lintasan 4.

Titik awal dan akhir sama, waktu tempuh bisa berbeda

Contoh ideal: turun 10 m dan bergeser horizontal 10 m, tanpa gesekan



Model benda titik, gravitasi seragam, mulai dari diam, tanpa gesekan dan hambatan udara.

Mengapa cycloid unggul?

Ketinggian hilang lebih cepat
 Δh besar sejak bagian awal

$$v = \sqrt{(2g\Delta h)}$$

Kelajuan besar lebih awal
lebih banyak jarak ditempuh cepat

Bukan karena kecepatan akhir berbeda

Keduanya tiba di B dengan

$$v \approx 14,0 \text{ m/s}$$

Cycloid turun lebih curam di awal sehingga benda memperoleh kelajuan besar lebih cepat, walaupun kelajuan akhirnya sama.

Ilustrasi tersebut memakai contoh terukur: titik akhir berjarak horizontal 10 m dan berada 10 m di bawah titik awal. Angka waktunya bukan hasil pengukuran gambar soal.

Contoh angka: garis lurus melawan kurva tercepat

Untuk lintasan lurus dengan perubahan horizontal dan vertikal masing-masing 10 m, panjang lintasannya adalah:

$$L = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14,14 \text{ m}$$

Sudut lintasan 45° , sehingga percepatan tangensialnya konstan:

$$a_t = g \sin 45^\circ = 9,81 \times 0,707 \approx 6,94 \text{ m/s}^2$$

Karena peserta mulai dari diam, $L = \frac{1}{2}a_t t^2$. Maka:

$$t = \sqrt{\frac{2L}{a_t}} = \sqrt{\frac{2 \times 14,14}{6,94}} \approx 2,02 \text{ s}$$

Kurva tercepat untuk dua titik tersebut disebut **cycloid**. Secara parametrik bentuknya dapat ditulis:

$$x = a(\varphi - \sin \varphi)$$

$$y = a(1 - \cos \varphi)$$

Untuk contoh 10 m kali 10 m di atas, cycloid ideal memberikan waktu sekitar 1,84 s. Kurva itu dapat memiliki jarak tempuh lebih panjang daripada garis lurus, tetapi unggul karena turun curam di awal dan menghabiskan lebih banyak perjalanan pada kelajuan tinggi.

Kurva tercepat bukan sudut tajam

Lintasan nomor 4 membantu membangun intuisi yang benar, tetapi bentuk optimum bukan garis vertikal yang tiba-tiba berbelok mendatar. Belokan tajam seperti itu akan memerlukan perubahan arah seketika dan gaya normal yang tidak masuk akal dalam model benda nyata.

Cycloid mempunyai garis singgung vertikal di titik awal, lalu melengkung halus menuju titik akhir. Kurva inilah solusi **brachistochrone**, yaitu lintasan dengan waktu turun paling singkat di bawah gravitasi seragam untuk benda titik tanpa gesekan.

Dengan kata lain, nomor 4 menangkap idenya—**turun curam dahulu**—sedangkan cycloid menyempurnakan bentuk matematisnya.

Bagaimana dengan perosotan sungguhan?

Pada perosotan nyata, hasilnya dapat berubah karena:

- gesekan antara tubuh dan permukaan;
- hambatan udara;
- air, bahan, dan kekasaran lintasan;
- posisi tubuh peserta;
- tikungan yang menyebabkan gaya normal dan membatasi kenyamanan;
- panjang serta ukuran lintasan yang sebenarnya.

Karena itu, pembahasan ini adalah model fisika untuk memahami hubungan energi, kelajuan, bentuk lintasan, dan waktu—bukan panduan merancang perosotan nyata.

Konsep yang dibangun

- **Beda ketinggian sama → kelajuan akhir sama** dalam model tanpa gesekan.
- **Bentuk lintasan berbeda → waktu tempuh dapat berbeda.**
- Kehilangan ketinggian lebih cepat membuat kelajuan besar diperoleh lebih awal.
- Jarak paling pendek tidak selalu sama dengan waktu paling singkat.

- Gambar konseptual memberi dugaan; kepastian numerik memerlukan ukuran dan model lintasan.

Aktivitas siswa: uji lintasan tercepat

Aktivitas ini mengembangkan kegiatan *roller coaster* dalam buku siswa menjadi percobaan perbandingan waktu.

Alat dan bahan: kelereng, karton yang dapat dilengkungkan, selotip, beberapa buku sebagai penyangga, penggaris atau meteran, serta stopwatch atau video gerak lambat pada ponsel.

1. Buat dua atau tiga lintasan dengan **titik awal dan titik akhir yang sama**. Contohnya: lintasan lurus, lintasan yang lebih curam di awal, dan lintasan yang lebih landai di awal.
2. Ukur beda tinggi serta panjang masing-masing lintasan. Pastikan permukaan dan kelereng yang digunakan sama.
3. Sebelum mencoba, minta setiap kelompok memprediksi lintasan tercepat dan menuliskan alasannya.
4. Lepaskan kelereng dari keadaan diam tanpa didorong. Ukur waktu tempuhnya.
5. Ulangi sedikitnya tiga kali pada setiap lintasan, lalu hitung waktu rata-ratanya.
6. Bandingkan hasil dengan prediksi dan jelaskan menggunakan energi potensial, energi kinetik, serta pengaruh bentuk lintasan.

Lintasan	Panjang lintasan	Beda tinggi	Waktu 1	Waktu 2	Waktu 3	Rata-rata
Lurus						
Curam di awal						
Landai di awal						

Pertanyaan analisis:

1. Apakah lintasan paling pendek selalu menjadi yang tercepat?
2. Pada bagian mana kelereng memperoleh kelajuan besar paling awal?
3. Jika titik akhir sama tinggi, mengapa waktu tempuh masih dapat berbeda?
4. Faktor apa yang membuat hasil nyata berbeda dari model ideal tanpa gesekan?

Gunakan kelereng, bukan manusia atau benda berat. Hati-hati pada ujung karton dan pastikan kelereng tidak menggelinding ke area orang berjalan.

Rujukan kurikulum dan buku

- Capaian Pembelajaran IPA SMP Fase D: gerak dan gaya serta hubungan usaha dan energi.
- ATP IPA SMP Fase D (BSKAP 2022): hubungan gerak–gaya dalam kehidupan sehari-hari dan hubungan usaha–energi pada suatu fenomena.
- Buku Siswa IPA SMP/MTs Kelas VIII, Bab III “**Memanfaatkan Usaha, Energi, dan Pesawat Sederhana**”, khususnya Aktivitas 3.2 “**Roller Coaster Kardus**”.
- Buku Panduan Guru IPA SMP/MTs Kelas VIII, Panduan Khusus Bab III, Subbab B Energi dan rubrik Aktivitas 3.2.

Kesimpulan

Jawaban yang dituju oleh soal adalah **nomor 4**. Semua peserta dapat mencapai bagian bawah dengan kelajuan akhir yang sama, tetapi peserta di lintasan yang turun curam sejak awal memperoleh kelajuan besar lebih cepat. Karena sebagian besar perjalanannya ditempuh pada kelajuan tinggi, ia dapat tiba lebih dahulu.

Tetap ingat batasnya: tanpa ukuran dan kondisi fisik lintasan, gambar saja belum cukup untuk membuktikan pemenangnya. Prinsip yang hendak diuji adalah prinsip brachistochrone—**lintasan tercepat tidak selalu lintasan terpendek**.

Belajar lebih seru dengan simulasi interaktif

Simu punya ratusan simulasi interaktif Kurikulum Merdeka yang berjalan langsung di browser — tanpa instal apa pun. Jelajahi katalognya di simu.konsep.com/simulasi.

Mulai dengan akun gratis

Akun gratis membuka katalog lengkap, simulasi & materi yang bertanda terbuka, serta soal dan jawaban di tiap bab kurikulum.

simu.konsep.com/register

Ingin semua simulasi terbuka? Lihat paket berlangganan di simu.konsep.com/pricing

Artikel ini tersedia daring di simu.konsep.com/artikel/siapa-yang-sampai-di-bawah-lebih-dulu