

BAB 8

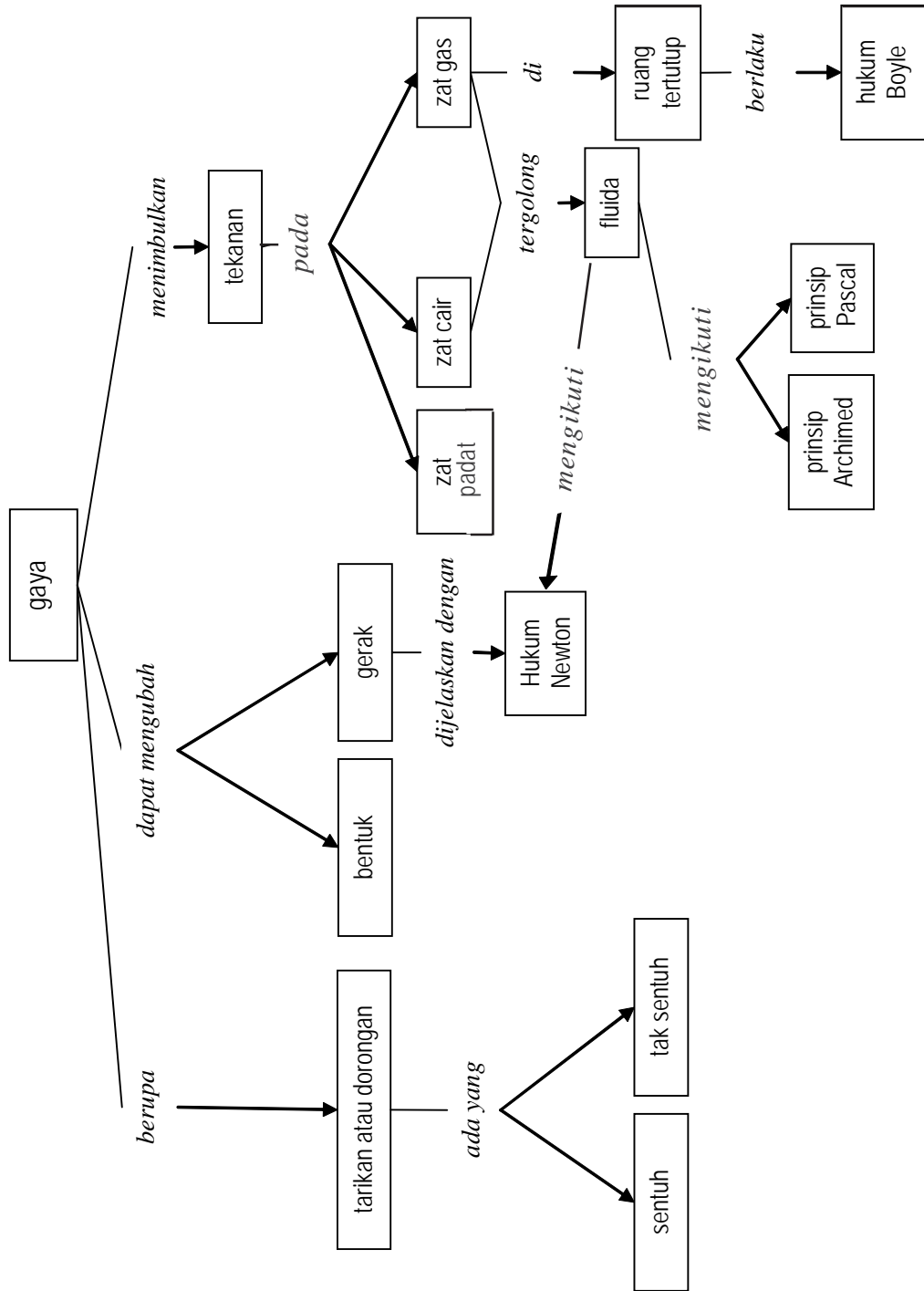
Gaya dan Tekanan

- A. Gaya
- B. Gerak Dipercepat
- C. Aksi dan Reaksi
- D. Tekanan

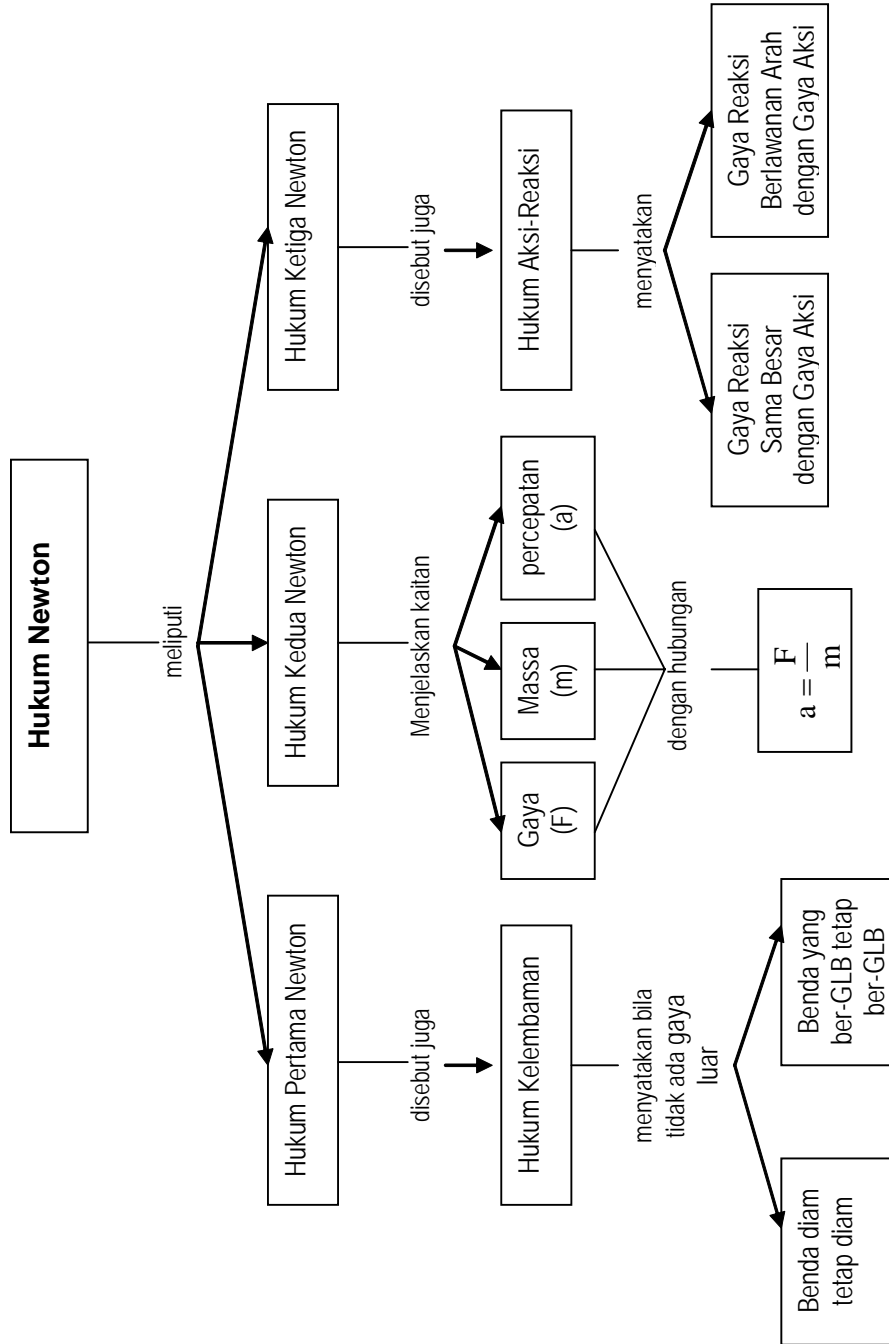


Sumber: <http://www.k53.pbase.com>

Peta Konsep Gaya dan Tekanan



Peta Konsep Hukum Newton



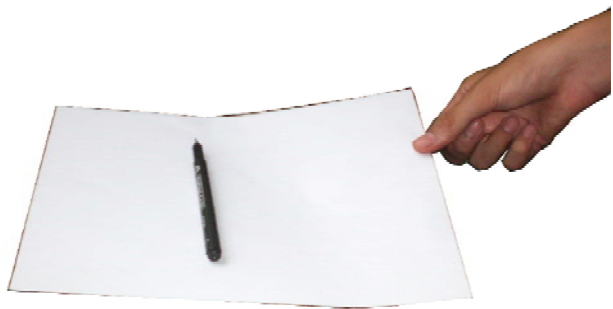
Amatilah gerak benda-benda di sekitarmu; dedaunan yang melambai-lambai, lalu lalang kendaraan di jalan raya atau seorang anak yang berlari-lari. Renungkan, bagaimana benda-benda itu dapat bergerak? Apa yang menyebabkan benda dapat bergerak? Apa yang kamu rasakan bila kamu menyelam? Kamu akan menemukan jawabannya setelah mempelajari bab ini, yang mendiskusikan tentang gaya dan tekanan. Kamu akan mengawali kegiatanmu dengan menyelidiki keterkaitan penting antara gerak dan gaya, yang dapat menjelaskan banyak pengamatan yang kamu jumpai sehari-hari. Lakukan *Kegiatan Penyelidikan* di bawah ini untuk mengeksplorasi gaya dan akibatnya terhadap gerak benda.

Kegiatan Penyelidikan



Menemukan kaitan Gerak dan Gaya

1. Letakkan sebuah pensil atau pulpen berbentuk silinder di atas sehelai kertas.
2. Peganglah ujung kertas itu.
3. Tariklah dengan cepat kertas itu dengan arah horizontal. Apa yang terjadi pada pensil atau pulpenmu?
4. Lakukan lagi kegiatan di atas berulang-ulang, dengan tarikan kertas sangat lambat, lambat, agak cepat, dan cepat.
5. Ulangi kegiatan di atas untuk benda-benda lain yang diletakkan di atas kertas.
6. Catatlah hasil pengamatanmu.



Jurnal IPA

Dalam Jurnal IPAmu, jelaskan mengapa pensil, pulpen, atau benda-benda lain tersebut berkelakuan seperti yang kamu amati!



Apakah Gaya Itu?

Doronglah daun pintu sehingga terbuka. Tariklah sebuah pita karet. Tekanlah segumpal tanah liat. Angkatlah bukumu. Pada setiap kegiatan itu kamu mengerahkan sebuah gaya. Gaya adalah suatu tarikan atau dorongan yang dikerahkan sebuah benda terhadap benda lain. Kadang-kadang, akibat suatu gaya tampak demikian jelas, seperti saat sebuah mobil sedang melaju dan menabrak sebatang pohon. Akan tetapi, akibat gaya-gaya lain tidak sejelas pohon yang ditabrak itu. Dapatkah kamu merasakan gaya dari rantai yang bekerja pada kakimu?

Catatlah semua gaya yang mungkin kamu lakukan atau alami pada suatu hari tertentu. Bayangkan tindakan-tindakan seperti mendorong, menarik, merenggangkan, meremas, membengkokkan, dan menjatuhkan benda. Pada saat itu kamu mengerahkan gaya kepada benda tersebut.

Bagaimana kamu dapat mengukur besar gaya? Besar gaya diukur dengan neraca pegas, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.1**. Gaya diukur dalam satuan newton (N).

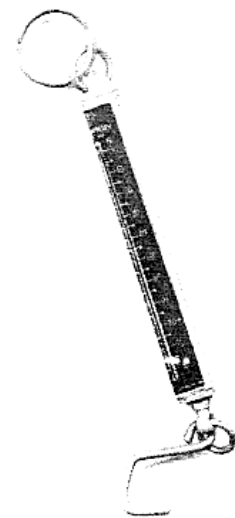
Gaya Sentuh dan Gaya Tak Sentuh

Pada saat kamu mendorong meja, kamu harus menyentuh meja itu untuk mengerahkan gaya kepada meja itu. Demikian pula jika kamu hendak melontarkan batu dengan menggunakan ketapel. Gaya otot pada saat kamu mendorong meja dan gaya pegas pada saat kamu melontarkan batu dengan ketapel termasuk gaya sentuh. Disebut gaya sentuh karena sebuah benda yang memberikan gaya harus menyentuh benda lain yang dikenai gaya tersebut. Contoh lain gaya sentuh adalah gaya gesekan, yang akan kita bahas nanti.

Jika kamu melepaskan kapur dari ketinggian tertentu, maka kapur itu akan jatuh ke bawah, ditarik oleh gaya gravitasi Bumi. Gaya gravitasi termasuk gaya tak sentuh, karena tanpa harus melalui sentuhan kapur dan Bumi. Gaya listrik dan gaya magnet adalah contoh lain gaya tak sentuh.

Kata-kata IPA

Gaya
Gaya-gaya setimbang
Gaya resultan
Kelembaman
Hukum I Newton
Gesekan



Sumber: Dok. Penulis

Gambar 8.1
Neraca pegas.

Akibat Gaya terhadap Benda

Apa yang terjadi pada sebuah benda saat gaya dikenakan pada benda tersebut? Apabila sebuah benda sedang bergerak, apakah gaya tersebut mengubah kecepatan benda itu? Perhatikan anak yang baru saja menendang bola seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.2**. Kecepatan bola tersebut tentunya berubah begitu benturan terjadi. Jadi gaya dapat mengubah kecepatan benda.



Sumber: Dok. Penulis

Gambar 8.2

Gaya yang dikerahkan kaki Danang pada bola membuat kecepatan bola itu berubah.

Perhatikan plastisin yang ditekan pada **Gambar 8.3**. Pada saat menekan plastisin, tangan itu memberikan gaya kepada plastisin itu. Bagaimana bentuk plastisin setelah ditekan? Ternyata gaya juga dapat menyebabkan bentuk benda berubah.

Gaya-gaya Setimbang

Gaya-gaya tidak selalu mengubah kecepatan. **Gambar 8.4** memperlihatkan pertandingan tarik tambang. Kedua tim tersebut sama-sama mengerahkan gaya dengan arah berlawanan. Bila kedua tim tersebut tidak bergerak, maka gaya yang dilakukan kedua tim pada tali tersebut sama besar. Gaya yang menarik tali ke kiri diimbangi dengan gaya yang menarik tali ke kanan. Gaya-gaya yang besarnya sama dan arahnya berlawanan yang bekerja pada sebuah benda disebut gaya-gaya setimbang.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.3

Gaya dapat mengubah bentuk benda.

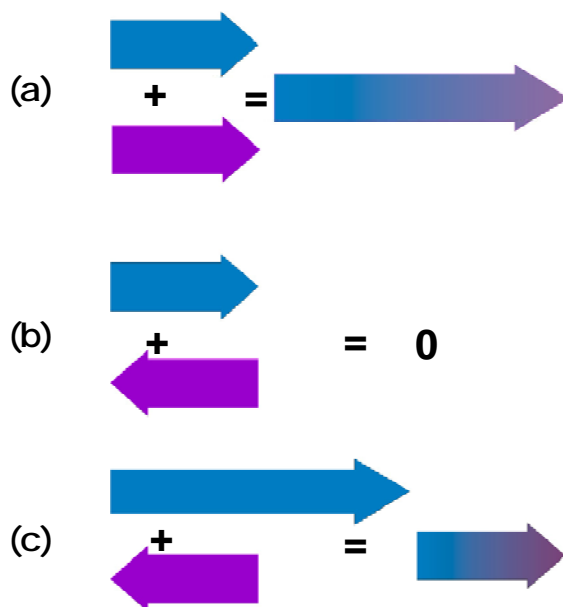


Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.4
 Dalam permainan tarik tambang, kedua tim mengerahkan gaya. Mengapa tambang itu tidak bergerak?

Gaya-gaya Tak setimbang

Pernahkah kamu menarik sebuah gerobak yang bermuatan? Untuk membuat gerobak bergerak, kamu harus menarik gerobak tersebut. Jika gaya yang kamu kerahkan tidak cukup besar, kamu mungkin meminta bantuan temanmu. Temanmu mungkin akan menarik gerobak itu bersamamu atau mendorongnya dari belakang. Dua gaya tersebut, yaitu gaya dari kamu dan temanmu akan bekerja *pada arah yang sama*. Jika dua gaya bekerja pada arah yang sama, maka kedua gaya itu dijumlahkan, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.5a**. Gaya total atau gaya resultan pada gerobak tersebut sama dengan jumlah kedua gaya itu. Jika



Gambar 8.5
 Dua gaya dapat bergabung sehingga dua gaya itu dapat dijumlahkan (a), menjadi setimbang (b), atau dikurangkan (c).

gaya total pada suatu benda menuju ke arah tertentu, gaya tersebut disebut gaya-gaya tak setimbang. Gaya-gaya tak setimbang *selalu* mengubah kecepatan sebuah benda.

Apabila temanmu mendorong gerobak dengan arah yang berlawanan dengan arah gaya dorongmu, gaya-gaya itu digabung dengan cara yang berbeda. Jika dua gaya berlawanan arah, maka gaya total kedua gaya tersebut merupakan selisih kedua gaya. Jika satu gaya lebih besar daripada gaya yang lain, gerobak itu akan bergerak ke arah gaya yang lebih besar (**Gambar 8.5c**). Dalam hal ini temanmu jelas tidak membantu kamu. Menurut pendapatmu apa yang terjadi jika gaya dorongmu dan gaya dorong temanmu sama dan berlawanan arah, seperti **Gambar 8.5b**?

Jadi seperti ditunjukkan **Gambar 8.5**, gaya dapat digambarkan sebagai anak panah. Panjang anak panah menunjukkan besar gaya, dan arah anak panah menunjukkan arah gaya. Dengan menggunakan anak panah ini kamu dapat menyatakan berapa besar hasil gabungan gaya-gaya itu dan ke mana arahnya.

Kelembaman dan Massa

Andaikan kamu sedang duduk di dalam sebuah mobil yang melaju kencang. Apa yang terjadi padamu saat mobil tersebut tiba-tiba direm? Kamu akan terdorong ke depan. Terdorongnya badanmu itu memperlihatkan contoh sifat kelembaman. Kelembaman (inersia) adalah kecenderungan setiap benda melawan tiap perubahan dalam gerakannya. Dengan kata lain kelembaman adalah kecenderungan sebuah benda untuk mempertahankan gerakannya. Kamu dapat membayangkan hal ini sebagai sifat “malas” sebuah benda. Jika sebuah benda sedang bergerak, benda itu akan terus bergerak dengan kelajuan dan arah yang sama kecuali ada gaya-gaya tak setimbang yang bekerja pada benda itu. Dengan kata lain kecepatan benda tersebut tetap, kecuali ada suatu gaya mengubah kecepatan benda itu. Jika sebuah benda diam, benda tersebut cenderung tetap diam. Kecepatannya tetap nol kecuali ada gaya yang menyebabkan benda itu bergerak. Dapatkah kamu meramalkan apa yang terjadi dengan buku di pangkuan anak pada **Gambar 8.6** seandainya kursi roda yang meluncur tiba-tiba berhenti?



Sumber: Dok. Penulis

Gambar 8.6

Dapatkah kamu memprediksi, apa yang terjadi dengan buku di pangkuan anak ini seandainya kursi roda tersebut tiba-tiba berhenti?

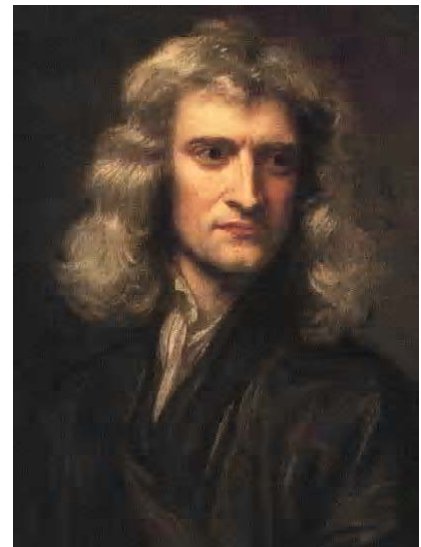
Apakah sebuah bola besi tolak peluru memiliki kelembaman yang sama dengan kelembaman kelereng? Tentu saja kelembamannya berbeda, karena kamu lebih mudah menggerakkan kelereng dibanding bola besi tolak peluru. Semakin besar massa sebuah benda, kelembamannya juga semakin besar. Ingatlah kembali bahwa massa adalah jumlah materi dalam sebuah benda, dan bola besi tolak peluru tentunya mengandung materi lebih banyak daripada sebuah kelereng. Jadi bola besi tolak peluru itu memiliki kelembaman lebih besar daripada kelembaman kelereng. Oleh karena bola besi tolak peluru memiliki kelembaman lebih besar, maka lebih banyak gaya yang diperlukan untuk mengubah kecepatannya.

Hukum Pertama Newton

Kamu telah mempelajari bahwa setiap benda memiliki kelembaman, dan gaya dapat mengubah gerak benda. Sir Isaac Newton (**lihat Gambar 8.7**) merumuskan hukum-hukum yang mengatur keterkaitan gaya dengan gerak. Ada tiga hukum Newton tentang gerak. Kita akan bahas dahulu hukum pertama Newton.

Hukum pertama Newton tentang gerak menyatakan bahwa *sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tetap akan terus bergerak dengan kecepatan tersebut kecuali ada gaya resultan bekerja pada benda itu. Jika sebuah benda dalam keadaan diam, benda tersebut tetap diam kecuali ada gaya resultan yang bekerja pada benda itu.*

Perhatikan, hukum ini sama dengan peristiwa kelembaman. Jadi, kamu akan dapat memahami mengapa hukum ini kadang-kadang disebut *hukum kelembaman*. Apa kamu lakukan dan amati dalam Kegiatan Penyelidikan salah satunya memperlihatkan berlakunya hukum kelembaman ini. Demikian juga halnya dengan peristiwa pada **Gambar 8.6**. Untuk lebih meyakinkan kamu tentang berlakunya hukum ini dalam kehidupan sehari-hari, perhatikan **Gambar 8.8**. Selanjutnya bacalah dengan cermat “Sabuk Pengaman” untuk mendapatkan penjelasan bagaimanakah cara mencegah bahaya yang ditimbulkan oleh kelembaman tubuhmu.



<http://www.imechanica.org>.

Gambar 8.7

Sir Isaac Newton (1642-1727), ilmuwan yang tekun dan jenius dari Inggris, merumuskan tiga hukum tentang gerak. Hukum ini selanjutnya dikenal sebagai Hukum Newton tentang gerak.



(a) Orang itu mendorong gerobak dengan kecepatan tetap. Jerigen-jerigen itu juga bergerak dengan kecepatan tetap. Tidak ada gaya total yang bekerja pada gerobak maupun pada jerigen tersebut.



(b) Gerobak menabrak penghalang, dan berhenti. Sementara itu, jerigen-jerigen kecil itu terus bergerak ke depan walaupun tidak ada yang mendorongnya. Kelembaman jerigen-jerigen itu membuatnya bergerak ke depan. Jerigen-jerigen itu juga mulai jatuh ke bawah karena gaya gravitasi menariknya ke bawah.

(c) Akhirnya jerigen-jerigen kecil itu diam tergeletak di tanah.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.8

Kamu dapat mengamati berbagai contoh hukum pertama Newton beraksi dalam kehidupan sehari-hari.



Penerapan

Sabuk Pengaman

Apakah kamu selalu menggunakan sabuk pengaman pada saat mengendarai mobil? Atau, pernahkah kamu melihat atau mendengar anjuran menggunakan sabuk pengaman pada saat mengendarai mobil? Mengapa orang yang mengendarai mobil perlu menggunakan sabuk pengaman?

Melalui berbagai eksperimen, para ilmuwan mengetahui bahwa luka parah dan kematian pada penumpang akibat kecelakaan mobil dapat dicegah. Caranya adalah dengan menggunakan sabuk pengaman yang menyilang pada bahu, dada, dan pangkuan penumpang.

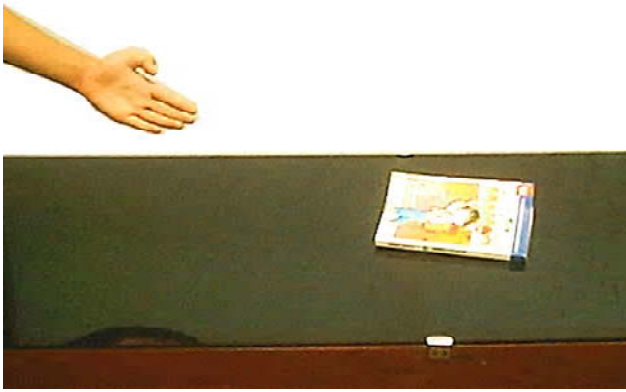
Apa yang terjadi dalam sebuah tabrakan? Apabila sebuah mobil yang melaju dengan kecepatan sekitar 50 km/jam menabrak benda besar yang padat, mobil tersebut akan ringsek dan berhenti mendadak dalam waktu sekitar 0,1 s. Karena *kelembamannya*, penumpang yang tidak memakai sabuk pengaman akan terus bergerak maju dengan kecepatan 50 km/jam, sama dengan kecepatan mobil tersebut. Kecepatan ini kurang lebih sama dengan kecepatan penumpang itu apabila jatuh dari lantai tiga sebuah gedung! Dalam waktu sekitar 0,02 s setelah mobil berhenti, penumpang itu akan membentur *dashboard*, kemudi, atau bagian belakang kursi di depannya.



Penumpang yang mengenakan sabuk pengaman seperti gambar di samping ini akan tetap tertahan di kursi. Penumpang itu akan melambat seiring dengan melambatnya mobil. Gaya yang diperlukan untuk memperlambat seseorang dari 50 km/jam menjadi nol dalam waktu 0,1 s sama dengan 14 kali beratnya.

Sabuk pengaman itu “memberi” sedikit waktu tambahan untuk melambat bagi penumpang itu, pada saat sabuk sedikit meregang menahan orang tersebut. Disamping itu, sabuk tersebut juga menyebarkan gaya, sehingga gaya itu tidak memusat hanya pada satu bagian tubuh orang tersebut.

Sumber: Dok. Penulis.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.9

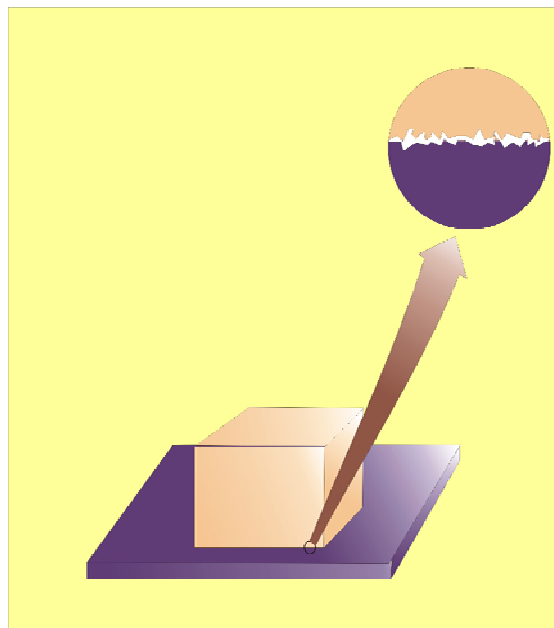
Buku yang diluncurkan di atas meja akhirnya berhenti. *Mengapa hal ini terjadi?*

Gesekan

Kamu baru saja mempelajari bahwa kelembaman menyebabkan sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tetap akan tetap bergerak pada kecepatan tersebut, kecuali ada gaya-gaya tak setimbang yang bekerja padanya. Akan tetapi, seperti ditunjukkan **Gambar 8.9**, jika kamu meluncurkan sebuah buku di atas meja,

gerak buku semakin lama semakin pelan, dan akhirnya berhenti. Mengapa buku itu berhenti?

Sebuah gaya tak terlihat bekerja antara buku dan meja tersebut. Gaya itu adalah gesekan. Gesekan adalah gaya yang melawan gerakan antara dua permukaan yang saling bersentuhan. Gesekan itulah yang menyebabkan gerakan buku itu menjadi semakin lambat dan akhirnya berhenti. Menurut pendapatmu, gesekan manakah yang lebih besar: antara jalan basah dengan sepatumu atautkah antara jalan kering dengan sepatumu? Besar gesekan bergantung pada dua faktor, yaitu tingkat kekasaran kedua permukaan dan gaya yang menekan terhadap kedua permukaan yang bergesekan itu. Perhatikan permukaan dua benda yang bergesekan pada **Gambar 8.10**. Lakukan kegiatan dalam **Lab Mini 6.1** untuk menyelidiki pengaruh kekasaran permukaan terhadap mudahnya benda bergerak.



Gambar 8.10

Dua permukaan yang bersentuhan ketika di-perbesar, tampak amat tidak teratur dan kasar. Besar kecilnya gesekan yang timbul pada kedua permukaan ini dipengaruhi oleh kekasaran permukaan tersebut.

Sumber: Dok. Penulis.



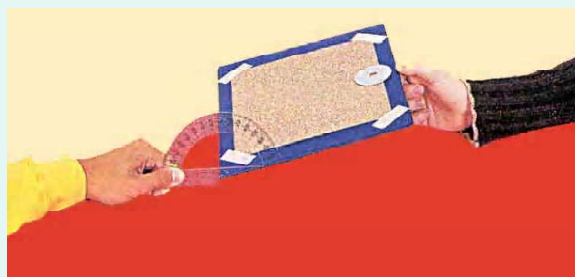
Lab Mini 8.1

Menganalisis Data Gesekan

Papan luncur di tempat bermain anak-anak tidak menyenangkan apabila gesekan antara papan dengan anak yang terlalu besar. Apa yang mempengaruhi besarnya gesekan itu?

Langkah-langkah

1. Gunakan karton tebal dan kamu tahan salah satu sisinya agar membentuk bidang miring.
2. Aturlah kemiringan bidang miring itu sedemikian rupa sehingga uang logam seratusan dapat meluncur turun sampai di bawah.
3. Lekatkan bahan dengan jenis permukaan yang berbeda (misalnya kertas folio, kertas koran, dan kertas manila) pada bidang miringmu. Temukan sudut kemiringan tiap jenis permukaan untuk membuat uang logam tersebut meluncur ke bawah. Ukur sudut kemiringan tersebut dengan busur



Sumber: McLaughlin & Thonson, 1997.

derajat seperti ditunjukkan pada gambar di atas. Catat datamu pada sebuah tabel data.

Analisis

1. Di antara tiga jenis permukaan tersebut, permukaan manakah yang memerlukan sudut paling kecil bagi logam itu untuk meluncur ke bawah? Apa perbedaan permukaan itu dengan permukaan lain?
2. Bagaimanakah kamu dapat mengubah permukaan itu, agar sudut kemiringan untuk menggerakkan uang logam tersebut lebih kecil?

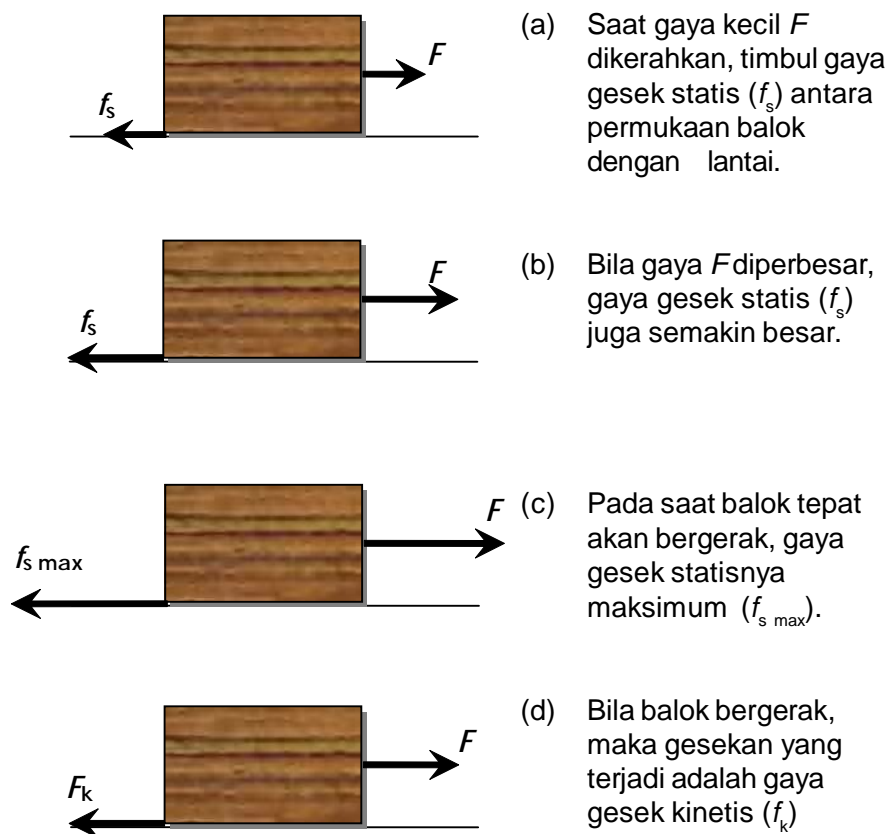
Gesekan Statis dan Gesekan Kinetis

Tentunya kamu pernah melihat orang yang sedang mendorong atau menarik sesuatu benda yang berat di atas lantai kasar. Untuk membuat benda itu mulai bergerak, orang itu mengerahkan gaya yang besar. Namun ketika benda sudah bergerak, orang itu lebih santai dan hanya mengerahkan gaya yang tidak sebesar gaya sebelumnya untuk membuat benda tetap bergerak.

Gambaran di atas mirip dengan apa yang kamu lakukan dalam **Lab Mini 8.2**, diperlihatkan pada **Gambar 8.11**. Ketika kamu mengerahkan gaya yang relatif kecil pada balok, balok itu belum bergerak. Hal ini karena terdapat gaya gesekan antara permukaan balok dengan meja. Gaya gesekan ini besarnya sama dengan gaya yang kamu kerahkan, sehingga membentuk gaya-gaya setimbang dan benda diam. Gaya gesek yang terjadi pada saat benda masih diam disebut gaya gesek statis. Bila gaya yang kamu

kerahkan pada balok semakin besar, maka gaya gesek statisnya juga semakin besar, sampai dengan benda *tepat akan bergerak*. Pada saat ini gaya geseknya terbesar, disebut gaya gesek statis maksimum. Bila kamu memperbesar gaya tarikmu pada balok, maka gaya yang kamu kerahkan melebihi gaya gesek statis maksimum dan benda menjadi bergerak.

Pada saat kamu menarik balok dengan kecepatan tetap, sesuai hukum pertama Newton resultan gaya yang bekerja pada balok sama dengan nol. Hal ini berarti gaya yang kamu kerahkan tersebut disetarakan oleh gaya gesek antara permukaan balok dengan meja. Gaya gesek yang terjadi pada saat benda bergerak disebut gaya gesek kinetis. Sesuai dengan hasil pengukuran yang kamu lakukan dalam **Lab Mini 8.2**, besar gaya gesek kinetis *lebih kecil* daripada gaya gesek statis maksimum.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.11

Balok yang terletak di atas permukaan kasar ditarik dengan gaya F .



Lab Mini 8.2

Gesekan Statis dan Kinetis

Prosedur

1. Letakkan balok berpengait di atas meja. Kaitkan neraca pegas pada balok tersebut.
2. Tariklah balok tersebut, dengan gaya makin lama semakin besar. Perhatikan besar gaya yang kamu kerahkan pada neraca pegas. Perbesar terus gaya tarikmu, hingga balok *tepat akan bergerak*. **Ukurlah** gaya yang kamu perlukan untuk menarik balok pada saat itu.
3. Tariklah balok tersebut, sehingga balok *bergerak dengan kecepatan tetap*. **Ukurlah** gaya yang kamu perlukan untuk menarik balok pada saat itu.

Analisis

Apa yang menyebabkan balok tersebut belum bergerak, walaupun kamu mengerahkan gaya padanya? **Bandingkan** penunjukan gaya pada neraca pegas, saat balok tepat akan bergerak dan saat balok bergerak dengan kecepatan tetap.

Hidup Tanpa Gesekan?

Gesekan tidak selalu merugikan. Jika tidak ada gesekan, hidupmu menjadi sangat berbeda. Kamu tidak akan dapat berjalan atau bahkan menggenggam suatu benda. Gesekan antara sol sepatumu dengan lantai memungkinkan kamu berjalan. Kamu dapat menggenggam sebuah benda dengan jari-jarimu karena ada gesekan. Temukan contoh gaya gesekan yang lain dalam kehidupan sehari-hari.

Pada saat kamu menyelesaikan subbab ini, kamu seharusnya lebih menyadari bahwa gaya dan gerak merupakan bagian dari segala sesuatu yang kamu lakukan dan yang terjadi di sekitarmu.



Jurnal IPA

Kelembaman memegang peran penting dalam berbagai olah raga. Dalam Jurnal Sainsmu, tuliskan sebuah karangan yang menggambarkan peran kelembaman dalam olah raga kesukaanmu.

Intisari Subbab



1. Jelaskan, manakah yang memiliki kelembaman lebih besar, mobil sedan yang melaju cepat ataukah truk yang sedang parkir.
2. Kamu tentunya pernah melihat orang melumasi bagian-bagian tertentu sepedanya. Mengapa mereka melakukan hal itu?
3. **Berpikir kritis:** Pikirkan dan kemudian jelaskan 3 contoh olah raga yang memanfaatkan gaya untuk mengubah kecepatan sebuah benda atau seseorang.



Bina Keterampilan

Mengenal Sebab Akibat

Jelaskan apa yang terjadi pada tubuhmu ditinjau dari kelembaman, gesekan, dan gaya pada saat kamu terpeleset dan jatuh di atas tanah yang licin.



Hukum Kedua Newton tentang Gerak

Pernahkan kamu menarik mobil-mobilanmu? Perhatikan **Gambar 8.12**. Jika kamu tarik, mobil mainanmu mulai bergerak. Semakin kuat kamu menariknya, semakin cepat mobil itu bergerak. Jadi semakin besar gaya yang dikerahkan, semakin besar pula percepatannya. Jika mobil-mobilanmu kamu beri beban, kamu harus menarik lebih kuat untuk membuatnya bergerak. Gaya lebih besar juga diperlukan untuk mempercepat mobil-mobilanmu yang telah kamu beri beban tersebut.

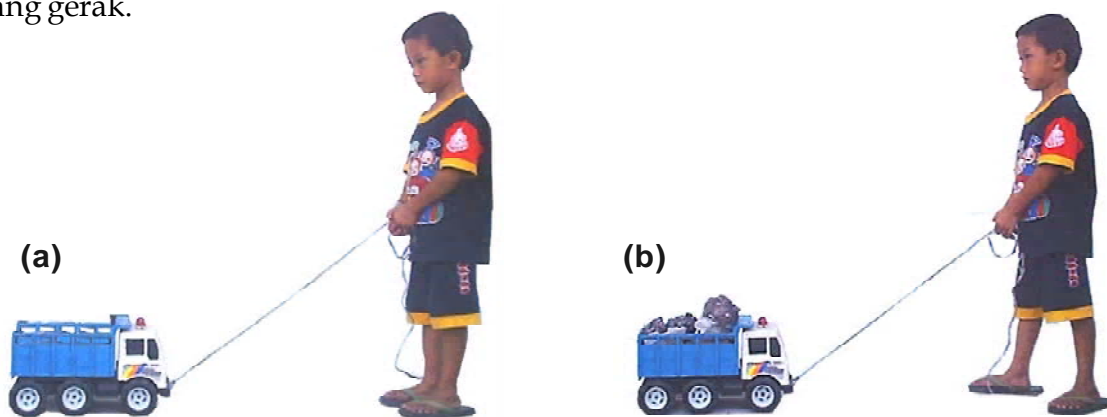
Jadi gaya yang dikerahkan pada sebuah benda sehingga benda tersebut mengalami percepatan sebanding dengan massa benda dan percepatan benda itu. Secara matematis pernyataan tersebut dapat ditulis:

$$\text{Gaya} = \text{massa} \times \text{percepatan}$$

atau

$$F = m \times a$$

Persamaan ini dikenal dengan hukum kedua Newton tentang gerak.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.12

- (a) Percepatan yang terjadi pada mobil-mobilan bergantung pada besar gaya yang dikerahkan anak tersebut.
- (b) Agar mobil-mobilan yang bermuatan itu dapat bergerak dengan percepatan sama, anak tersebut harus menariknya dengan gaya yang lebih besar.

Kata-kata IPA
 Hukum kedua Newton
 tentang gerak
 Percepatan gravitasi
 Hambatan udara

Bila massa bersatuan kilogram (kg) dan percepatan bersatuan m/s^2 , maka gaya bersatuan kg m/s^2 . Perhatikan, satuan kg m/s^2 disebut juga newton (N). Satu newton sama dengan gaya yang diperlukan untuk mempercepat benda bermassa 1 kg dengan percepatan 1 m/s^2 . Dengan kata lain $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$.

Perhatikan pemain tenis meja pada **Gambar 8.13**. Pemain itu memanfaatkan sebuah raket untuk menghasilkan percepatan pada bola tenis meja tersebut. Pengaruh apa yang akan diperoleh terhadap percepatan bola, jika pemain tersebut menggunakan bola tenis yang lebih berat (misalnya bola tenis lapangan)? Apa yang harus dilakukan pemain itu agar bola tenis mejanya memiliki percepatan besar saat dipukul?

Gaya yang bekerja pada sebuah benda menyebabkan benda tersebut dipercepat dalam arah yang sama dengan arah gaya itu. Percepatan itu ditentukan oleh besar gaya dan massa benda tersebut. Gaya lebih besar yang bekerja pada suatu benda menyebabkan percepatan yang lebih besar. Benda bermassa lebih besar memerlukan gaya yang lebih besar daripada benda yang bermassa lebih kecil untuk mencapai percepatan yang sama. Berarti sekarang seharusnya kamu dapat menjawab pertanyaan **Gambar 8.13**.

Dapatkah kamu menjelaskan dengan hukum kedua Newton, mengapa mobil kecil mengkonsumsi lebih sedikit bensin untuk menempuh jarak yang sama dengan yang ditempuh mobil besar? Perhatikan contoh soal berikut agar dapat menerapkan hukum kedua Newton dalam kehidupan sehari-hari.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.13

Apa yang dapat dilakukan pemain tenis meja tersebut agar mendapatkan percepatan yang besar pada bolanya?



Penggunaan Matematika

Menghitung Gaya

Soal Contoh

Seseorang mendorong meja 250 kg dengan gaya 75 N. Berapakah percepatan meja tersebut?

Langkah-langkah Penyelesaian:

1. Apa yang diketahui?

massa meja, $m = 250$ kg

gaya, $F = 75$ N

2. Apa yang tak diketahui?

percepatan, a

3. Pilih persamaannya, $F = m \times a$

4. Penyelesaian:

$$F = m \times a, \text{ maka } a = \frac{F}{m} = \frac{75}{250} = 0,3 \text{ m/s}^2$$

Soal Contoh

Berapakah besar gaya yang diperlukan untuk mempercepat sepeda motor bermassa 200 kg dan pengendara bermassa 70 kg sebesar 4 m/s^2 ?

Langkah-langkah Penyelesaian:

1. Apa yang diketahui?

massa pengendara, $m_p = 70$ kg

massa sepeda motor, $m_s = 200$ kg

percepatan, $a = 4 \text{ m/s}^2$

2. Apa yang tak diketahui?

gaya yang diperlukan, F

3. Pilih persamaannya, $F = ma$

4. Penyelesaian:

Massa total, m , adalah

$$70 \text{ kg} + 200 \text{ kg} = 270 \text{ kg}$$

$$F = 270 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}^2$$

$$= 1080 \text{ kg m/s}^2 = 1080 \text{ N}$$

Diperlukan gaya sebesar 1080 N



Sumber: <http://www/triatmono.wordpress.com>.

Soal Latihan

1. Diperlukan gaya 3000 N untuk mempercepat sebuah mobil kosong bermassa 1000 kg pada percepatan 3 m/s^2 . Jika seorang pegulat bermassa 160 kg berada di dalam mobil tersebut, berapakah gaya yang diperlukan untuk menghasilkan percepatan yang sama?
2. Seorang anak menarik sebuah mobil-mobilan bermassa 2,5 kg dengan gaya 4 N. Berapakah percepatan mobil-mobilan itu?



Sumber: Awater et al., 1998.

Gambar 8.14

Seperti ditunjukkan foto ini, percepatan sebuah benda jatuh tidak dipengaruhi oleh massa benda itu. *Apa pengaruh kelembaman terhadap benda jatuh?*

Benda Jatuh

Sulit dipercaya, jika kamu menjatuhkan bola besi tolak peluru dan kelereng dari atas jembatan secara serentak, kedua benda tersebut akan tercebur ke dalam air pada saat hampir bersamaan. Hal ini berarti percepatan gerak kedua benda tersebut juga hampir sama. Apakah kamu menduga bola besi tolak peluru menghantam air lebih dulu, karena memiliki massa lebih besar? Memang benar bahwa gaya gravitasi pada bola boling lebih besar, karena massanya lebih besar. Namun massa yang lebih besar membuat kelembaman bola boling tersebut menjadi lebih besar pula, sehingga lebih banyak gaya diperlukan untuk mengubah kecepatannya. Kelereng memiliki massa jauh lebih kecil daripada bola boling, namun kelembamannya juga jauh lebih kecil. **Gambar 8.14** memperlihatkan foto gerak jatuh dua bola. Bola besar memiliki massa lebih besar daripada bola kecil, namun dapat kamu lihat kedua bola tersebut jatuh dengan kecepatan yang sama.

Percepatan oleh Gravitasi

Di dekat permukaan Bumi, gravitasi menyebabkan semua benda jatuh dipercepat sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$. Jika demikian, berapakah gaya gravitasi yang bekerja pada benda itu? Gaya gravitasi yang bekerja pada sebuah benda disebut juga berat benda itu. Sesuai dengan hukum kedua Newton, gaya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$F = m \times a.$$

Berat suatu benda, w , adalah gaya gravitasi F yang bekerja pada massa benda tersebut. Oleh karena itu, kita dapat mengganti F dengan w dan menuliskan

$$w = m \times a.$$

Di permukaan bumi, percepatan oleh gravitasi adalah $9,8 \text{ m/s}^2$, sehingga:

$$w = m \times 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Berarti benda dengan massa 1 kg, beratnya di permukaan bumi $9,8 \text{ kg m/s}^2$ atau 9,8 N. Kamu dapat menghitung beratmu dalam newton jika kamu mengetahui massa tubuhmu. Sebagai contoh, jika massa tubuhmu 50 kg, maka berat badanmu 490 N.

Ingatlah bahwa pembahasan ini hanya berlaku untuk benda *jatuh bebas*, yakni benda yang dilepaskan dari ketinggian tertentu dan hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Pada saat dilepaskan kecepatan benda tersebut sama dengan nol. Jika benda *dilempar ke bawah*, benda tersebut dipengaruhi oleh gravitasi dan gaya ke bawah dari ayunan tangan. Oleh karena itu pada saat benda tersebut dilempar ke bawah, percepatan ke bawah benda itu lebih besar daripada $9,8 \text{ m/s}^2$.

Hambatan Udara

Percepatan gravitasi (g) adalah sama untuk semua benda, tidak memandang berapapun besar massanya. Ini berarti jika tidak ada gaya lain selain gaya gravitasi, percepatan semua benda adalah $9,8 \text{ m/s}^2$. Pikirkan hal ini beberapa saat. Apakah sehelai daun jatuh secepat buahnya? Apakah kertas jatuh secepat kapur?

Perhatikan **Gambar 8.15**. Apa yang terjadi jika dua lembar kertas yang sama, salah satunya diremas menjadi bola kertas, kemudian keduanya dijatuhkan secara bersamaan? Jika jawabanmu bahwa bola kertas tersebut sampai di tanah lebih dulu, kamu benar. Namun kenyataan ini tidak sesuai dengan apa baru saja kamu pelajari. Bagaimanakah ketidak-cocokan ini dapat dijelaskan?

Satu-satunya penjelasan untuk kenyataan ini adalah adanya gaya yang bekerja selain gravitasi. Semua benda yang bergerak dalam atmosfer Bumi dipengaruhi oleh hambatan udara. Hambatan udara adalah gaya yang diberikan udara kepada suatu benda bergerak. Gaya ini berlawanan dengan gerak benda tersebut.

Pada sebuah benda jatuh, hambatan udara mendorong ke atas ketika gravitasi menarik benda tersebut ke bawah. Besar hambatan udara bergantung pada



Sumber: cf. McLaughlin & Thonson, 1997.

Gambar 8.15

Gravitasi dan hambatan udara, dua gaya tersebut bekerja pada kertas, tidak kelihatan. *Bagaimanakah kita mengetahui bahwa gaya-gaya ini ada?*



kelajuan, ukuran, bentuk, dan kerapatan benda. Hambatan udara ini membuat parasut pada **Gambar 8.16** bergerak ke bawah cukup pelan sehingga orang tersebut dapat mendarat dengan selamat.

Sumber: <http://www.resimcity.com>.

Gambar 8.16

Hambatan udara yang bekerja pada parasut memungkinkan parasut itu bergerak cukup pelan sehingga penerjun dapat mendarat dengan selamat.

Intisari Subbab



1. Berapakah gaya gravitasi yang bekerja pada buah kelapa bermassa 5 kg yang jatuh dengan percepatan $9,8 \text{ m/s}^2$?
2. Bola sepak massanya lebih besar daripada bola kasti. Gunakan hukum kedua Newton untuk menjelaskan mengapa pemain bola tidak dapat melemparkan bola sepak sejauh bola kasti.
3. **Berpikir kritis:** Gunakan apa yang telah kamu pelajari tentang benda jatuh dan hambatan udara untuk menjelaskan mengapa seorang penerjun payung dapat mendarat dengan selamat.



Bina Keterampilan

Menemukan Persamaan dan Perbedaan

Gunakan timbangan untuk menimbang massa balon kosong dan balon berisi udara. Jatuhkan kedua balon tersebut bersamaan dari ketinggian yang sama. Apakah persamaan dan perbedaan kelajuan jatuh kedua balon tersebut?



Penggunaan Matematika

Sebuah benda dijatuhkan dari puncak menara. Berapakah kecepatannya pada saat akhir detik ke-2? Pada akhir detik ke-5? Sesaat sebelum menyentuh tanah setelah akhir detik ke-12?

(Gunakan persamaan kecepatan pada gerak lurus berubah beraturan)



Hukum Ketiga Newton tentang Gerak

Doronglah tembok kelas dengan kedua tanganmu. Apa yang kamu rasakan? Kamu akan merasakan terdorong ke belakang. Semakin kuat kamu mendorongnya, semakin kuat pula kamu merasa terdorong ke belakang. Kakimu atau badanmu akan bergeser ke belakang. Jadi bila kamu memberikan gaya aksi pada sebuah tembok, pada saat yang sama tembok tersebut memberikan gaya reaksi kepadamu, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.17**.

Hukum ketiga Newton tentang gerak menyatakan hubungan gaya aksi-reaksi tersebut, seperti ini: *Apabila suatu benda mengerahkan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut mengerahkan gaya pada benda pertama sama besar dan berlawanan arahnya.* Dalam bahasa yang lebih sederhana dapat dikatakan “*Untuk setiap gaya aksi, terdapat suatu gaya reaksi yang besarnya sama dan arahnya berlawanan.*” Dengan kata lain setiap gaya pasti memiliki pasangan yang besarnya sama dan arahnya berlawanan. Pasangan gaya ini disebut pasangan aksi-reaksi.

Pasangan Aksi-Reaksi

Marilah kita bahas contoh lain tentang pasangan aksi-reaksi tersebut. Perhatikan **Gambar 8.18**. Seorang anak sedang melompat dari *skate board*. Pada saat anak itu melompat ke depan, *skate board* meluncur ke belakang. Mengapa hal ini terjadi? Pada saat anak itu melompat, *skate board* mengerahkan gaya pada kakinya, mendorong anak itu bergerak ke depan. Bersamaan dengan itu, kakinya mengerahkan gaya yang sama besar dan berlawanan arah kepada *skate board*, sehingga *skate board* itu bergerak ke belakang.



Gambar 8.17

Saat orang ini mendorong tembok, tembok tersebut mendorong balik dengan gaya yang sama besar.

Sumber: Dok. Penulis.

Kata-kata IPA
Hukum ketiga Newton
tentang gerak
Gaya aksi
Gaya reaksi



Gambar 8.18

Pada saat anak itu melompat ke depan dari *skate board*, ternyata *skate board* bergerak ke belakang.

Sumber: Dok. Penulis.

Gaya-gaya yang Bekerja pada Benda yang Berbeda

Hukum ketiga Newton dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa perenang pada **Gambar 8.19** dapat bergerak melintasi air tersebut. Dengan ayunan lengannya, perenang itu mengerahkan suatu gaya pada air. Air tersebut mendorong balik perenang itu dengan gaya yang sama dan arah berlawanan. Namun, jika gaya itu sama, bagaimana perenang itu dapat bergerak maju? Hal ini dapat terjadi karena gaya-gaya itu bekerja pada benda yang berbeda. Gaya “aksi” bekerja pada air; gaya “reaksi” bekerja pada perenang. Perenang tersebut yang massanya jauh lebih kecil daripada massa sekolam air, mengalami percepatan lebih besar daripada percepatan air tersebut.



Gambar 8.19

Ketika tangan dan kaki perenang mendorong air, air tersebut mendorong pe-renang itu, membuatnya bergerak ke depan.

Sumber: www.wikimu.com/News.

Hal penting yang perlu diingat pada saat berhubungan dengan hukum ketiga Newton adalah bahwa gaya aksi-reaksi bekerja pada benda yang *berbeda*. Jadi, walaupun kedua gaya itu sama, tetapi kedua gaya itu tidak setimbang. Dalam kasus perenang tersebut, air mendorong maju perenang itu, mengatasi gesekan yang ia jumpai. Pasangan gaya-gaya yang terlibat dalam pelemparan sebuah bola basket akan menyebabkan kursi roda pada **Gambar 8.20** bergerak mundur.



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.20
Ketika anak itu melemparkan bola basket ke depan, ia akan terdorong sedikit ke belakang.

Kamu mungkin mengkaitkan gaya dengan benda-benda aktif seperti manusia, binatang, dan mesin-mesin. Hal ini membuat sulit bagimu untuk membayangkan benda-benda seperti tembok, meja, atau lantai dapat mengerahkan gaya. Bagai-manapun juga hal ini memang benar. Tekanlah pojok meja dengan tanganmu. Meja itu mungkin tetap diam, tetapi pada telapak tanganmu membekas permukaan meja itu. Bekas ini merupakan bukti bahwa meja tersebut memberikan gaya kepada tanganmu. Semakin kuat kamu menekannya, semakin kuat pula meja tersebut mendorong tanganmu.

Peluncuran Roket

Mungkin kamu pernah melihat tayangan di televisi mengenai peluncuran roket. Gerak roket adalah contoh lain penerapan hukum ketiga Newton tentang gerak. Perhatikanlah **Gambar 8.21**. Bahan bakar dinyalakan di dalam mesin pembakar, menghasilkan gas panas. Gas panas mendorong ke segala arah di dalam roket, dan menyembur keluar melalui bagian bawah roket. Dorongan gas ke atas tersebut meluncurkan ke atas roket itu. Pada saat gas tersebut menyembur ke bawah, bergerak turun, roket itu bergerak ke arah yang berlawanan, atau naik. Dapatkah kamu menjelaskan, mengapa burung pada **Gambar 8.22** mengepakkan sayapnya? Lakukan kegiatan **Lab Mini 8.3** untuk lebih memahami gaya aksi dan reaksi.

Gaya Aksi
roket dipercepat



Gaya Reaksi
semburan gas



Sumber: <http://www.ocw.mit.edu>.

Gambar 8.21
"Gaya aksi" dari gas yang mengembang mendorong roket ke atas. "Gaya reaksi" roket mendorong keluar gas itu.



Sumber: <http://www.hickerphoto.com>.

Gambar 8.22

Saat terbang di udara, burung-burung tersebut bergantung pada hukum ketiga Newton tentang gerak. *Dapatkan seekor burung terbang andaikata tidak ada udara?*

Lab Mini 8.3

Bagaimana kamu dapat mengirimkan “paket” dengan roket balon?

Langkah-langkah

1. Buatlah suatu jalur pengarah untuk roket balonmu dengan membentangkan tali kail 8 m melalui sebuah sedotan. Ikatkan ujung-ujung tali itu pada kursi.
2. Tiup sebuah balon dan tekan rapat-rapat ujungnya. Lekatkan sebuah benda kecil pada balon di tempat yang tidak atau hanya sedikit mengganggu perjalanan roket balon itu.
3. Dengan selotip, lekatkan balon yang telah menggelembung tersebut pada sedotan yang terletak di salah satu ujung tali.
4. Lepaskan balon itu. Ukurlah jarak perjalanan roketmu sampai cm terdekat.

Analisis

1. Apa yang membuat roket meluncur ke depan? Bagaimana peluncuran ini mendemonstrasikan hukum ketiga Newton?
2. Apakah kamu berpikir bahwa roketmu akan bergerak lebih jauh jika tidak membawa beban? Perubahan apa yang dapat kamu lakukan agar roketmu bergerak lebih jauh?

Intisari Subbab



1. Bagaimanakah bunyi hukum ketiga Newton tentang gerak?
2. Dengan menggunakan hukum ketiga Newton tentang gerak, jelaskan apa yang terjadi bila seekor burung mengepakkan sayapnya saat terbang.
3. **Berpikir kritis:** Kamu sedang menarik sebuah mobil mainan. Gaya antara tanganmu dengan tali mobil itu sama dan berlawanan. Namun mobil itu bergerak dipercepat searah dengan gerakmu, namun tali tidak bergerak berlawanan dengan kamu karena ditarik mobil-mobilan menuju ke kamu. Jelaskan, bagaimana hal ini terjadi.



Bina Keterampilan

Keterampilan Menulis

Buatlah tulisan tentang contoh-contoh lain penerapan hukum ketiga Newton tentang gerak.



Pada saat kamu memikirkan tentang gaya dan hukum Newton tentang gerak, apakah kamu hanya memikirkan bahwa gaya-gaya tersebut hanya bekerja pada benda-benda padat, seperti mendorong sebuah kotak, menarik sebuah kereta, mengangkat sebuah bangku? Meskipun kamu mungkin tidak menyadarinya, gaya secara alamiah juga ada dalam fluida.

Apa yang kamu rasakan pada telingamu saat kamu menyelam di dalam air? Telingamu seperti ada yang menekan. Pengalamanmu itu menunjukkan bahwa air mengerahkan gaya pada telingamu.

Air termasuk fluida. Fluida adalah bahan yang tidak memiliki suatu bentuk tetap tertentu. Bentuk fluida berubah-ubah sesuai bentuk tempatnya. Zat cair dan zat gas adalah fluida.

Ketika sedang bernapas, berenang, atau menyelam kamu akan mendapatkan gaya-gaya yang dihasilkan oleh fluida. Kamu mungkin tidak percaya, bahwa pada saat ini ada gaya yang menekan punggungmu. Tahukah kamu, gaya apa itu? mengapa kamu tidak merasakannya? Untuk mengetahuinya, marilah kita bahas tekanan.

Kata-kata IPA

Fluida
Tekanan
Gaya apung
Prinsip Archimedes
Prinsip Pascal
Mesin hidrolik
Tekanan udara
Hukum Boyle
Hukum Charles



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.23

Dua pasang jejak sepatu orang yang sama, memakai sepatu yang berbeda. Apa yang menyebabkan jejak sol sepatu pada Gambar (B) lebih dalam?

Apakah Tekanan itu?

Kamu mungkin pernah mengamati jejak-jejak sepatu pada tanah basah, seperti **Gambar 8.23**. Kedua pasang jejak itu berasal dari orang yang sama, namun orang itu mengenakan sepatu yang berbeda. Walaupun berat orang itu sama, namun pengaruhnya terhadap tanah tersebut berbeda. Apa yang membuat berbeda? Perhatikan luas sol kedua sepatu itu. Untuk gaya berat yang sama, semakin kecil luas permukaan sol sepatu, ternyata jejak kakinya semakin dalam. Besaran dalam fisika yang mengkaitkan gaya dengan luas permukaan disebut *tekanan*.

Tekanan dapat dihitung dengan membagi gaya yang dikerahkan dengan luas yang dikenai gaya tersebut.

$$\text{tekanan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}}$$
$$p = \frac{F}{A}$$

Bila gaya diukur dalam satuan newton (N) dan luas diukur dalam meter persegi (m²), maka tekanan diukur dalam satuan newton per meter persegi (N/m²). **Pascal (Pa)** adalah satuan SI untuk tekanan. Satu pascal tekanan adalah suatu gaya sebesar satu Newton per meter persegi. Seringkali tekanan diukur dalam satuan kilopascal (kPa). Satu kPa sama dengan 1000 Pa.

Bagaimanakah Fluida dapat Menghasilkan Tekanan?



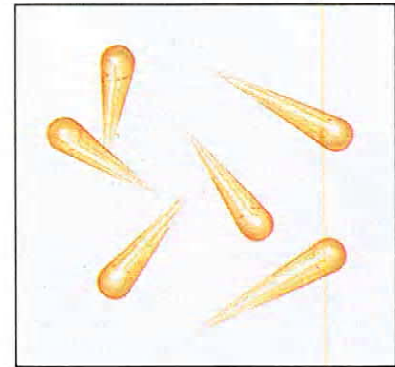
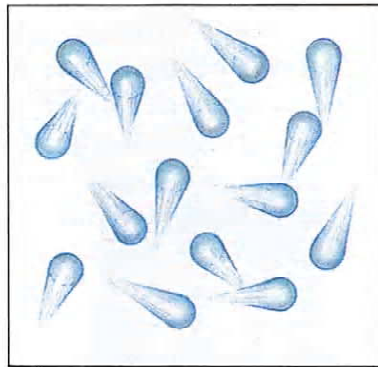
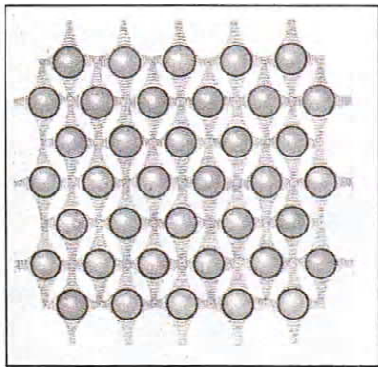
Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.24

Berbagai peralatan tidak akan bekerja dengan semestinya bila tekanan gas di dalamnya tidak normal. Bola basket manakah yang tekanan udaranya kurang?

Mungkin kamu telah akrab dengan istilah-istilah tekanan air, tekanan udara, dan tekanan darah. Berbagai peralatan tidak akan bekerja dengan semestinya bila tekanan fluida di dalamnya tidak seperti yang seharusnya, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.24**. Bagaimanakah

fluida dapat menghasilkan tekanan? Perhatikan **Gambar 8.25**. Semua benda tersusun dari partikel-partikel yang sangat kecil. **Gaya yang ada dalam fluida disebabkan oleh**



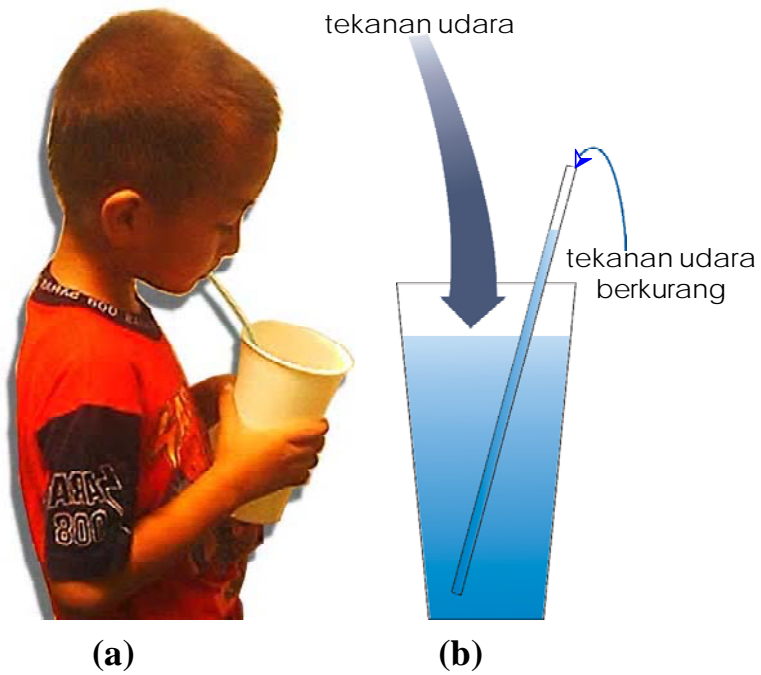
Sumber: Bakalian, et al., 1994.

Gambar 8.25

Susunan dan gerakan partikel-partikel penyusun suatu zat menentukan ciri-ciri zat. Saat pengamatanmu pindah dari padat menuju gas, partikel-partikel dalam gambar tersebut menjadi lebih menyebar dan gerakannya bertambah. *Bagaimana kenyataan ini, menjelaskan mengapa gas menghasilkan tekanan yang paling besar?*

massa dan gerak partikel-partikel yang membentuk fluida tersebut. Di dalam zat padat, partikel-partikel tersebut tersusun sangat rapat. Oleh karena itu partikel-partikel zat padat tersebut tidak bebas bergerak. Namun, di dalam zat cair dan gas partikel-partikelnya tidak tersusun secara rapat. Jadi partikel-partikel itu lebih bebas bergerak. Partikel-partikel penyusun fluida tersebut secara terus-menerus bergerak ke segala arah. Pada saat bergerak, partikel-partikel itu menumbuk partikel-partikel lain dan dinding wadah fluida dengan gaya yang besarnya bergantung pada massa dan percepatan partikel tersebut. “Dorongan” atau gaya oleh partikel-partikel tersebut yang bekerja pada suatu luas tertentu disebut **tekanan**. Tekanan fluida bekerja ke segala arah sama besar.

Kegiatan Penyelidikan yang telah kamu lakukan, menunjukkan bahwa udara yang menyelimuti Bumi kita, atau atmosfer Bumi mempunyai tekanan. Tekanan atmosfer yang paling besar adalah di permukaan laut. Udara dalam atmosfer mengerahkan tekanan sebesar $10,13 \text{ N/cm}^2$ di permukaan laut. Jika punggungmu memiliki luas 1000 cm^2 , maka udara menekan punggungmu dengan gaya 10130 N . Gaya ini hampir sama dengan berat sebuah mobil! Apa yang membuat tubuhmu tidak remuk oleh gaya sebesar ini? Fluida di dalam tubuhmu juga mengerahkan gaya. Tekanan udara di luar tubuhmu disetarakan oleh tekanan fluida di dalam tubuhmu. Oleh karena itu kamu tidak merasakan gaya dari udara di luar tubuhmu tersebut.



Gambar 8.26

- (a) Air dari dalam gelas dapat naik ke dalam rongga mulut anak ini melalui sedotan karena tekanan udara yang mendorong ke bawah pada cairan di luar sedotan lebih besar daripada tekanan udara di dalam sedotan tersebut.
- (b) Perbedaan dalam tekanan ini menyebabkan cairan tersebut mengalir ke atas.

Sumber: Dok. Penulis.



Sumber: Bakalian, et al., 1994.

Gambar 8.27

Pop... Cessss. Ini adalah bunyi yang kamu dengar saat membuka botol minuman. Berbagai jenis minuman ditempatkan pada botol atau kaleng bertekanan udara tinggi. Pada saat botol tersebut dibuka, tekanan tersebut lepas dan terjadi bunyi yang kamu dengar tersebut.

Perbedaan Tekanan

Kamu barangkali tidak menaruh banyak perhatian terhadap apa yang sedang kamu lakukan pada saat kamu minum melalui sebuah sedotan. Namun apa yang sesungguhnya kamu lakukan pada saat minum dengan menggunakan sedotan, seperti **Gambar 8.26** adalah menyedot sebagian besar udara di dalam sedotan. Penyedotan itu menyebabkan tekanan udara di dalam sedotan menurun. Tekanan udara luar sekarang lebih besar daripada tekanan udara di dalam sedotan sehingga mendorong permukaan minumanmu ke bawah. Dorongan ini memberikan gaya kepada minuman dan naik melalui sedotan, dan kemudian masuk ke dalam mulutmu! Prinsip yang memungkinkan kamu minum melalui sedotan merupakan sifat penting yang dimiliki fluida. *Fluida akan bergerak dari daerah bertekanan lebih tinggi menuju daerah bertekanan lebih rendah.* Peristiwa ini juga dapat kamu lihat saat kamu membuka minuman bersoda, seperti **Gambar 8.27**.

Pelajari contoh soal mengitung tekanan, setelah itu kerjakan soal-soal latihannya, agar kamu dapat menerapkan cara-cara menghitung tekanan.



Penggunaan Matematika

Menghitung Tekanan

Soal Contoh

Seseorang yang beratnya 600 N memakai sepasang sepatu. Luas telapak sepasang sepatu tersebut yang menyentuh tanah 400 cm². Berapa pascalkah tekanan sepatu itu pada lantai?

Langkah-langkah Penyelesaian:

1. **Apa yang diketahui?**

luas permukaan, $A = 400 \text{ cm}^2$
gaya, $F = 600 \text{ N}$

2. **Apa yang tidak diketahui?**

tekanan, p

3. **Pilih persamaannya, $p = \frac{F}{A}$**

4. **Penyelesaian:**

Agar menghasilkan satuan tekanan dalam pascal, maka satuan luas harus dijadikan m².

$$A = 400 \text{ cm}^2 = 400 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{600 \text{ N}}{4 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 1,5 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 1,5 \times 10^4 \text{ Pa.}$$

Soal Latihan

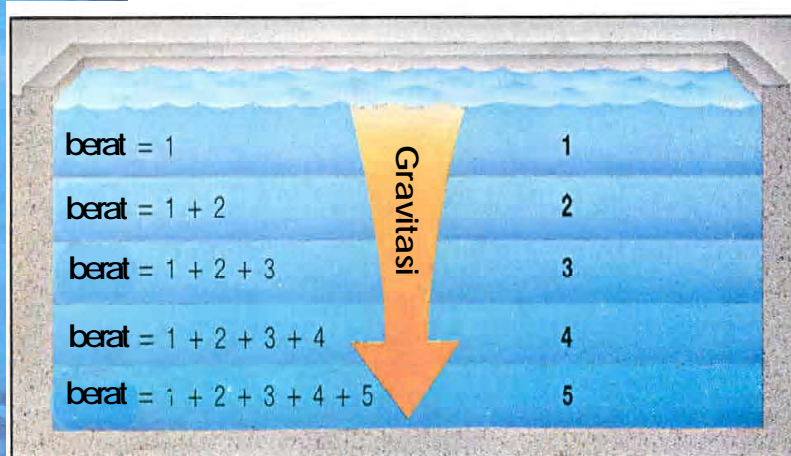
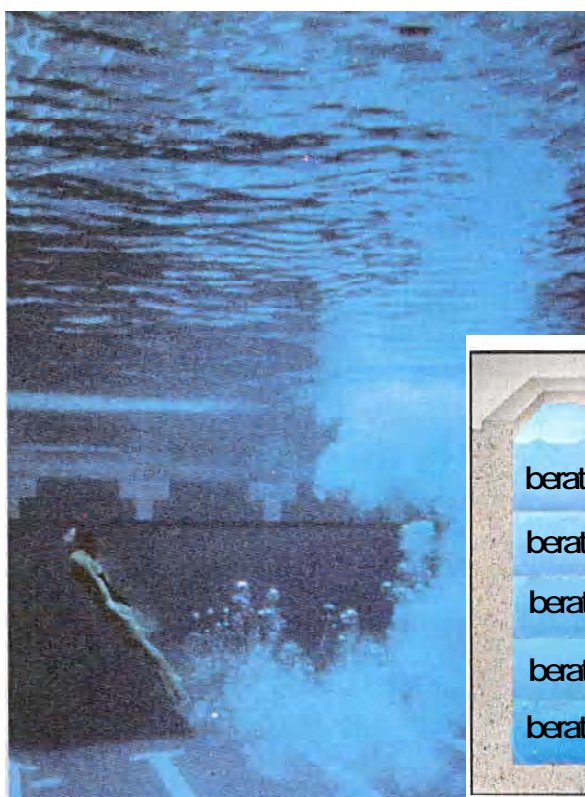
1. Sebuah balok dengan berat 600 N berada di lantai. Luas permukaan balok yang menyentuh permukaan lantai 400 cm². Berapa kPa tekanan pada lantai oleh balok tersebut?
2. Luas permukaan sepasang sepatu yang dipakai seorang penumpang pesawat 200 cm². Berat penumpang itu 800 N. Berapakah tekanan penumpang tersebut terhadap lantai pesawat?

Tekanan Hidrostatik

Apa yang kamu rasakan di telingamu pada saat kamu menyelam di dalam air? Telingamu akan terasa semakin sakit pada saat kamu menyelam semakin dalam. Hal ini terjadi karena semakin dalam kamu menyelam, tekanan air tersebut semakin besar. Karena gaya gravitasi, tekanan di dalam fluida bertambah sesuai kedalamannya. Semakin besar kedalaman tersebut, semakin besar pula tekanan tersebut. Mari kita lihat mengapa demikian.

Misalkan air di kolam pada **Gambar 8.28** telah dibagi menjadi 5 lapisan. Karena gaya gravitasi menarik ke bawah partikel-partikel pada lapisan 1, maka lapisan tersebut memiliki suatu berat tertentu. Gaya berat dari lapisan 1 menekan ke bawah pada lapisan 2. Lapisan 2 ini memiliki gaya gravitasi pada partikel-partikelnya sendiri ditambah gaya dari berat lapisan 1. Oleh karena itu tekanan pada lapisan 2 lebih besar daripada tekanan dalam lapisan 1. Bagaimana halnya pada lapisan 3? Lapisan 3 memiliki gaya gravitasi pada partikel-partikelnya sendiri ditambah berat dua lapisan pertama yang mendorong ke bawah lapisan 3

tersebut. Akibatnya, tekanan pada lapisan 3 lebih besar dari lapisan manapun di atasnya. Lapisan paling bawah atau kedalaman paling dalam dari setiap fluida akan memiliki tekanan paling besar karena lapisan itu mendapatkan gaya dorong paling besar dari lapisan di atasnya.



Sumber: Bakalian, et al., 1994.

Gambar 8.28

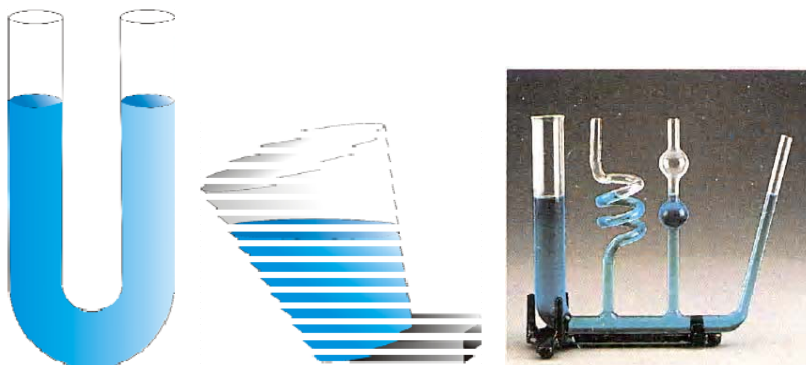
Seperti yang dirasakan setiap penyelam, tekanan di dalam fluida meningkat sesuai kedalamannya. *Dimanakah tekanan terbesar di dalam kolam renang?*

Bertambahnya tekanan seiring dengan bertambahnya kedalaman fluida memiliki berbagai akibat penting. Perhatikan **Gambar 8.29**. Aliran air dari lubang pada bagian lebih bawah gelas memancar kuat. Bendungan dirancang semakin bawah semakin tebal, karena bagian bawah bendungan memperoleh tekanan lebih besar daripada bagian atasnya. Kapal selam yang menyelam terlalu dalam di lautan dindingnya dapat melesak (ringsek) ke dalam karena tekanan air yang amat besar. Penyelam yang menyelam terlalu dalam bisa mendapatkan masalah serius akibat bertambahnya tekanan air.

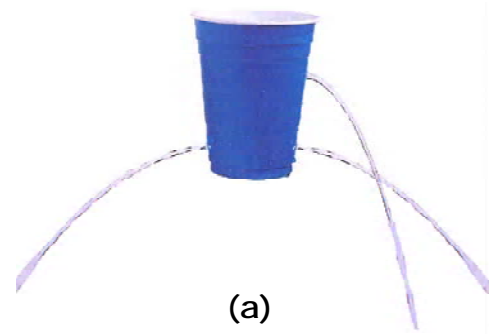
Bagaimanakah tekanan pada titik-titik yang kedalamannya sama di dalam suatu zat cair? *Titik-titik di dalam suatu zat cair yang kedalamannya sama mempunyai tekanan yang sama.* Perhatikan **Gambar 8.29(a)**. Pancaran di sebelah kiri bawah sama dengan pancaran air di sebelah kanan bawah karena kedua titik tersebut kedalamannya sama.

Perhatikan **Gambar 8.30**. Permukaan suatu zat cair yang ditempatkan pada sebuah bejana akan datar. Jika pipa U diisi suatu zat cair, tinggi permukaan zat cair pada pipa itu sama. Bahkan jika terdapat bejana berhubungan yang memiliki berbagai bentuk pipa diisi suatu zat cair, tinggi permukaan zat cair tersebut dalam pipa-pipa tersebut sama.

Kenyataan ini dimanfaatkan untuk menentukan apakah dua titik memiliki ketinggian yang sama, oleh para tukang pembuat bangunan. Apa nama alat yang digunakan itu?



Sumber: Dok. Penulis.



(a)



(b)

Sumber: <http://www.id.wikipedia.org/wiki/Bendungan>

Gambar 8.29

- (a) Akibat tekanan oleh zat cair bertambah besar bila semakin dalam, pancaran air di bagian bawah gelas lebih kuat daripada di bagian atasnya.
- (b) Mengapa bagian bawah sebuah bendungan dibuat lebih tebal daripada bagian atasnya?

Gambar 8.30

Permukaan suatu zat cair dalam bejana akan datar, bagaimanapun bentuk bejana itu.

Prinsip Archimedes

Pernahkah kamu bersantai dengan mengapungkan punggungmu di dalam kolam renang seperti **Gambar 8.54**. Kamu merasa seperti tidak memiliki berat pada saat air tersebut menopangmu. Jika kamu perlahan-lahan naik keluar dari kolam, kamu merasa tubuhmu seperti bertambah berat. Semakin tinggi kamu naik, kamu harus semakin banyak mengerahkan otot-ototmu untuk menopang tubuhmu. Pada saat kamu berada di dalam kolam renang tersebut, kamu mengalami gaya apung. **Gaya apung** adalah kemampuan suatu fluida, zat cair atau gas, untuk mengerahkan suatu gaya ke atas pada suatu benda yang dibenamkan ke dalam fluida tersebut.



Sumber: Dok. Penulis.



Sumber: McLaughlin & Thomson, 1997.

Gambar 8.31

Gaya-gaya yang bekerja pada orang yang terlentang di lantai berbeda dengan orang yang terlentang di dalam air.

Besar gaya apung tersebut menentukan apakah sebuah benda akan terapung atau tenggelam di dalam suatu fluida. Jika gaya apung lebih kecil daripada berat benda tersebut, benda itu akan tenggelam. Jika gaya apung tersebut sama dengan berat benda, seperti pada **Gambar 8.31**, benda tersebut *terapung*. Kadang-kadang gaya apung pada sebuah benda lebih besar daripada berat benda tersebut. Gaya ini adalah gaya yang mengangkat sebuah balon berisi gas helium yang bergerak ke atas di udara. Ketika balon tersebut dilepas, gaya apung lebih besar daripada gaya berat balon, menyebabkan balon bergerak dipercepat ke atas.

Bagaimana Kapal Terapung?

Seperti halnya hasil kegiatanmu dalam **Lab Mini 8.4**, Archimedes (seorang ahli matematika Yunani yang hidup dalam abad ketiga sebelum Masehi), menemukan penjelasan tentang gaya apung. Menurut **prinsip Archimedes**, *gaya apung yang bekerja pada suatu benda di dalam suatu fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda itu.*

Andaikan kamu meletakkan sebuah balok kayu di atas permukaan air. Balok itu akan memindahkan air pada saat balok itu mulai bergerak terbenam ke dalam air; namun hanya sampai berat air yang dipindahkan itu sama dengan



Lab Mini 8.4

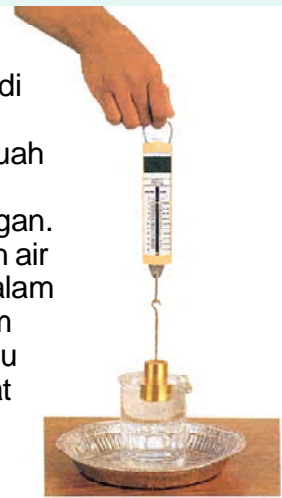
Berapa banyak air yang dipindahkan sebuah benda?

Telah kamu ketahui, agar sebuah benda dapat terapung, harus ada gaya apung yang bekerja pada benda tersebut. Namun, seberapa besar gaya itu? Pada saat kamu melakukan aktivitas ini, ingatlah bahwa berat merupakan suatu ukuran gaya.

Langkah-langkah

1. Isi sebuah gelas kimia dengan air hingga penuh.
2. Letakkan panci di bawah gelas tersebut, untuk menampung air yang tumpah dari gelas tersebut.
3. Ukurlah berat sebuah benda yang dapat tenggelam di dalam air dengan neraca pegas.
4. Dengan tetap menggantung di neraca, celupkan benda itu ke dalam air di gelas kimia tersebut. Benda itu harus tercelup seluruhnya di dalam air, namun jangan sampai menyentuh dasar gelas. Lihatlah gambar di samping. Sebagian air akan tumpah ke dalam panci.

8. Ukurlah berat benda itu saat benda itu berada di dalam air.
6. Ukurlah berat sebuah wadah kecil yang dilengkapi gantungan.
7. Pindahkan seluruh air yang tumpah di dalam panci itu ke dalam wadah kecil itu, lalu ukurlah ulang berat wadah kecil itu. Kurangi berat ini dengan berat wadah (langkah 6) untuk mendapatkan berat air yang tumpah.

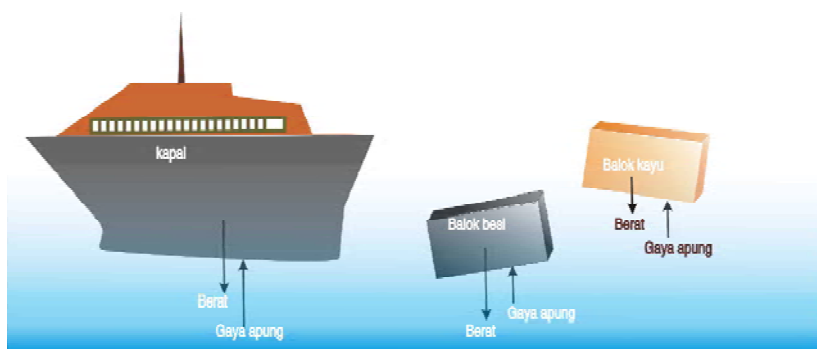


Analisis

1. Berapa newton berkurangnya berat benda yang dicelupkan ke dalam air tersebut?
2. Bagaimanakah hubungan antara berat air yang dipindahkan tersebut dengan berkurangnya berat benda yang dicelupkan ke dalam air tersebut?

berat balok tersebut. Balok tersebut terapung, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.32**.

Misalkan kamu meletakkan balok baja seukuran balok kayu itu di atas permukaan air. Ketika balok baja itu diletakkan di atas permukaan air, balok itu mulai mendesak air saat masuk ke dalam air. Gaya apung mulai menekan balok itu ke atas. Namun, karena massa jenis balok baja lebih besar daripada balok kayu, maka berat balok baja lebih



Sumber: Dok. Penulis.

Gambar 8.32

Perhatikan bahwa berat dan gaya apung setimbang untuk benda-benda terapung. Benda-benda manakah yang memiliki gaya setimbang?



Sumber: <http://www.giftrap.com>.

Gambar 8.33

Sepintas lalu mungkin kamu tidak melihat hubungan antara balon udara yang naik tinggi di angkasa dan kapal selam yang menyelam di lautan. Sebenarnya, kapal selam maupun balon udara harus diatur beratnya untuk naik, turun, atau melayang pada ketinggian atau kedalaman tertentu. Beratnya diatur berdasarkan besar gaya apungnya.

besar daripada balok kayu. Gaya ke atas ini tidak akan dapat mengimbangi berat balok baja itu, sehingga balok itu *tenggelam* ke dasar.

Apabila demikian, bagaimana kapal dapat terapung? Misalkan kamu membentuk balok baja itu menjadi mangkuk besar dan berongga. Saat mangkuk ini di letakkan di atas permukaan air, ia akan mendesak lebih banyak air daripada balok baja tersebut. Mangkuk itu mendesak cukup banyak air untuk mengimbangi berat mangkuk baja tersebut, dan mangkuk-mangkuk itu terapung.

Pernahkah kamu mendengar atau melihat gambar kapal selam yang melayang di dalam air? Jika pada saat gaya berat benda setimbang dengan gaya apung seluruh benda yang berada di dalam fluida, maka benda tersebut *melayang* di dalam fluida. Untuk maksud tersebut kapten kapal selam akan memerintahkan untuk memasukkan atau mengeluarkan air laut sesuai kebutuhan. Jika air dimasukkan ke dalam kapal selam, maka kapal selam itu bergerak ke bawah, dan sebaliknya jika ingin naik ke permukaan, maka air dikeluarkan dari kapal selam tersebut. Sedangkan pilot-pilot balon udara panas, seperti **Gambar 8.33**, menyesuaikan berat beban balon dengan gaya apung balon udara.

Prinsip Pascal

Misalkan kamu meniup balon hingga menggelembung. Lalu kamu meremas satu ujung balon itu. Partikel-partikel udara di dalam balon tetap berada di dalamnya, namun menjadi lebih rapat. Apa yang terjadi dengan tekanan tambahan yang diberikan pada balon itu? Tekanan akan membesar pada setiap titik di dalam balon itu, termasuk ujung lain balon itu, sehingga ujung lain balon itu semakin menggelembung.

Ilmuwan Perancis, Blaise Pascal (1623-1662) menemukan bahwa **tekanan di dalam fluida dipindahkan ke segala arah dengan besar yang sama**. Sebagai contoh lain, saat kamu menekan bagian bawah kemasan pasta gigi pada **Gambar 8.34**, pasta gigi itu keluar dari bagian atas kemasan tersebut. Kamu dapat mengamati gejala yang menunjukkan prinsip Pascal pada **Lab Mini 8.5**.



Sumber: McLaughlin & Thomson, 1997.

Gambar 8.34

Keluarnya pasta gigi karena ditekan kemasannya terjadi berdasar pada prinsip Pascal.



Lab Mini 8.5

Bagaimanakah tekanan yang diberikan mempengaruhi luas fluida yang berbeda?

Prosedur

1. Masukkan air ke dalam pipet tetes kecil, dan tempatkan pipet itu ke dalam botol plastik minuman ringan ukuran 2-l yang berisi air hingga 1 cm dari ujung mulut botol.
2. Aturlah banyaknya air dalam pipet tetes hingga pipet tersebut hampir terapung.
3. Tutup botol itu rapat-rapat.

Analisis

1. Apakah penambahan air di dalam pipet itu mempengaruhi massa jenis pipet secara keseluruhan?
2. Ketika kamu menekan kedua sisi botol itu, pengaruh apakah yang kamu amati pada permukaan air di dalam pipet?
3. Di dalam bukumu, paparkan bagaimana prinsip Pascal menjelaskan pergerakan air di dalam pipet tersebut.

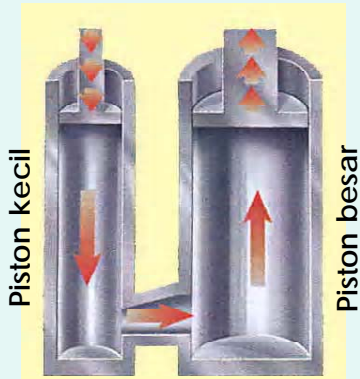


Penggunaan Matematika

Tekanan yang diberikan pada piston kecil dapat dipindahkan ke piston besar melalui fluida. Dongkrak hidrolik bekerja berdasarkan prinsip ini.

Hitunglah tekanan yang diberikan pada masing-masing piston.

Luas = 5 cm² Luas = 50 cm²
500 N 5000 N



Mesin Hidrolik

Pemindahan tekanan ke segala arah sama besar dalam suatu cairan merupakan prinsip yang mendasari alat-alat hidrolik. Jadi, mesin hidrolik yang dapat mengangkat benda-benda berat tersebut bekerja dengan memanfaatkan prinsip Pascal. Rem dan dongkrak mobil adalah contoh mesin hidrolik. **Mesin hidrolik** menghasilkan gaya yang besar dengan hanya memberikan gaya yang sangat kecil. Dengan kata lain, mesin hidrolik melipat-gandakan gaya.

Perhatikan bagan mesin hidrolik di sebelah ini untuk memahami cara kerjanya. Tabung kecil dan tabung besar dihubungkan oleh pipa. Luas penampang tabung kecil 5 cm². Luas penampang tabung besar 50 cm². Masing-masing tabung diisi dengan fluida cair, biasanya minyak. Pada masing-masing tabung terdapat piston yang tertahan di atas permukaan minyak.

Misalkan kamu memberikan gaya 500 N kepada piston kecil. Tekanan pada piston kecil itu adalah:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ N}}{5 \text{ cm}^2} = 100 \text{ N/cm}^2.$$

Prinsip Pascal menyatakan bahwa tekanan tersebut dipindahkan melalui fluida tanpa berubah besarnya. Oleh karena itu, piston besar juga mendapat tekanan 100 N/cm².

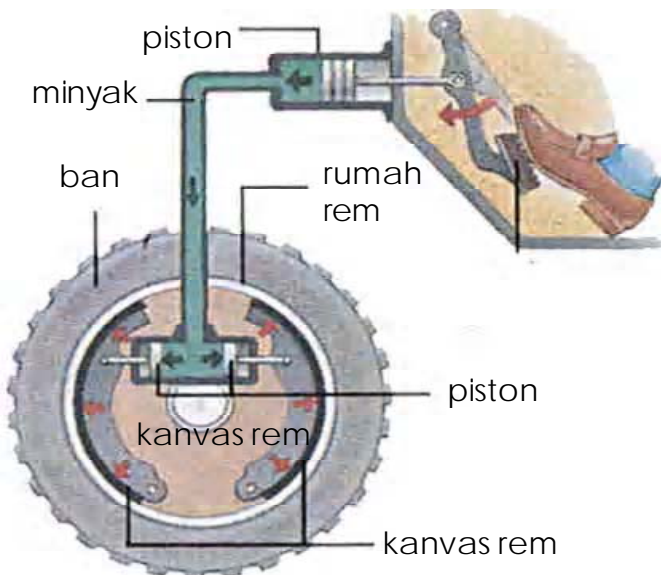
Namun luas piston besar adalah 50 cm². Sehingga, besar gaya total pada piston besar adalah:

$$100 \text{ N/cm}^2 \times 50 \text{ cm}^2 = 5000 \text{ N}.$$

Dengan mesin hidrolik ini kamu dapat menggunakan berat tubuhmu untuk mengangkat suatu benda yang beratnya sepuluh kali berat badanmu.

Kamu mungkin heran bagaimana mobil dengan massa lebih dari 1000 kg yang melaju kencang dapat dihentikan dengan injakan ringan pada pedal rem. Gaya injakan itu sudah barang tentu jauh lebih kecil daripada gaya yang

kamu perlukan seandainya kamu hendak menghentikan mobil itu dari luar. Sistem rem mobil itu juga merupakan mesin hidrolik. Dapatkah kamu menjelaskan bekerjanya rem mobil, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 8.35**?



Sumber: McLaughlin & Thomson, 1997.

Gambar 8.35

Cairan dalam sistem rem sebuah mobil melipat-gandakan gaya yang diberikan pengemudi menjadi suatu gaya yang cukup besar untuk menghentikan mobil yang sedang bergerak tersebut.

Tekanan Udara

Air bukanlah satu-satunya fluida yang memiliki tekanan yang berubah sesuai kedalamannya. Bumi kita diselimuti lapisan udara, yang disebut atmosfer. Tekanan atmosfer kita juga bervariasi. Tekanan tersebut berubah sesuai dengan ketinggian dari atas tanah. Semakin tinggi suatu tempat, maka tekanan udaranya semakin rendah. Pada ketinggian lebih tinggi, dalam suatu daerah tertentu terdapat partikel-partikel udara yang lebih sedikit. Partikel-partikel yang lebih sedikit mendorong satu sama lain menghasilkan tekanan lebih rendah.

Pada tempat yang lebih tinggi tekanan di dalam tubuhmu menjadi lebih besar daripada tekanan udara di luar tubuhmu. Kamu mungkin merasakan perbedaan tekanan tersebut sebagai rasa sakit pada gendang telinga. Bila ini terjadi, sebagian udara keluar dari telingamu dan kamu mendengar suara “pop.” Sebagai hasil dari keluarnya sebagian udara dari bagian dalam gendang telinga, tekanan di dalam telingamu menjadi sama dengan tekanan udara luar. Pada tempat yang sangat tinggi, seperti di puncak Himalaya pada **Gambar 8.36**, tekanan udara menjadi sangat kecil dan dapat menimbulkan masalah serius bagi para pendaki. Pendaki rentan terkena sindrom kekurangan oksigen karena ketinggian, yang dikenal dengan istilah hipoksi.



Sumber: www.thegeminiweb.com.

Gambar 8.36

Pada tempat yang sangat tinggi seperti di puncak pegunungan Himalaya ini udara menipis dan tekanan udara menjadi sangat kecil.

Alat-alat untuk Mengukur Tekanan

Meskipun kamu dapat membandingkan tekanan gas dengan memijat bola basket yang penuh berisi udara dan kurang berisi udara, cara ini tidak memberikan ukuran yang akurat dari dua tekanan tersebut. Apa yang dibutuhkan adalah alat pengukur tekanan.

Salah satu instrumen pertama yang digunakan untuk mengukur tekanan gas dirancang oleh ilmuwan Italia Evangelista Torricelli (1608-1647). Ia menemukan **barometer**, suatu instrumen yang mengukur tekanan yang diberikan oleh atmosfer. **Gambar 8.37** menjelaskan bagaimana bekerjanya barometer Torricelli. Pipa berisi penuh air raksa dibalik dan bagian yang terbuka diletakkan pada bejana berisi air raksa. Tinggi kolom air raksa itu menunjukkan tekanan yang diberikan oleh atmosfer tersebut. Bila pembalikan itu dilakukan di atas permukaan laut, maka tinggi kolom air raksa pada pipa itu adalah 760 mm. Oleh karena itu tekanan udara di atas permukaan laut tersebut dapat dinyatakan sebesar 760 mmHg atau 1 atmosfer. Pada saat ini barometer yang digunakan untuk pengukuran tekanan tidak seperti percobaan Torricelli, namun seperti **Gambar 8.38**.

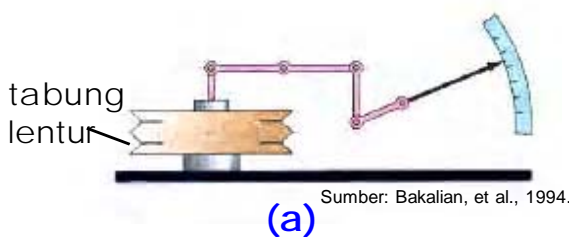


Sumber: Awater, et al., 1995)

Gambar 8.37

Cara Kerja Barometer Torricelli :

Pipa kaca berisi air raksa yang ditegakkan di dalam suatu bejana berisi raksa. Karena raksa tersebut berada di dalam suatu tabung kaca tertutup, kamu dapat menyimpulkan bahwa atmosfer memberikan tekanan pada permukaan raksa di bejana tersebut. Tekanan ini diteruskan melalui air raksa di dalam bejana tersebut. Tekanan tersebut menahan kolom air raksa di dalam pipa kaca tersebut.



Gambar 8.38

(a) Cara Kerja Barometer Aneroid

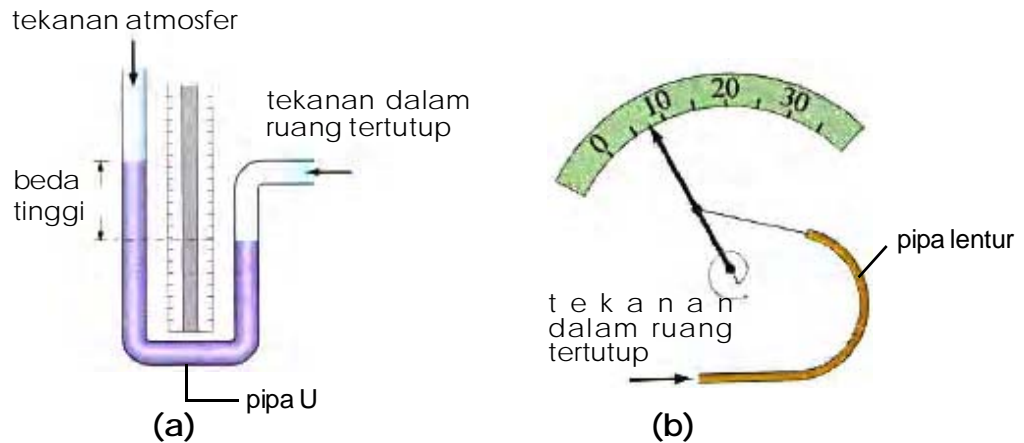
Barometer ini memiliki tabung lentur yang volumenya berubah-ubah akibat tekanan. Perubahan volume tabung ini diteruskan ke jarum penunjuk.

(b) Bentuk sesungguhnya Barometer Aneroid



Sumber: <http://www.stanleylondon.com>.

(b)



Sumber: Bakalian, et al., 1994.

Besaran ini selanjutnya digunakan sebagai satuan untuk mengukur tekanan. **Atmosfer baku** (atm) didefinisikan sebagai tekanan yang menyangga 760 mm kolom air raksa. Berdasarkan hal itu $1,00 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$. Apabila pembalikan itu dilakukan di tempat yang lebih tinggi, maka ketinggian kolom air raksa itu berkurang. Artinya di tempat yang lebih tinggi tekanan udaranya lebih rendah. Alat pengukur tekanan atmosfer semacam ini disebut **barometer air raksa**.

Barometer jenis lain adalah **barometer aneroid**. Perhatikan **Gambar 8.38**. Barometer ini memiliki tabung lentur yang volumenya berubah-ubah akibat tekanan. Perubahan volume tabung ini diteruskan ke jarum penunjuk. Jika tekanan berubah, maka bentuk tabung berubah, dan penunjukan jarum juga berubah.



(c)

Sumber: <http://www.answers.com/topic/pressure-measurement-1>.

Gambar 8.39

Pengukur tekanan udara dalam ruang tertutup.

(a) skema manometer terbuka.

(b) skema manometer Bourdon.

(c) manometer Bourdon.

Jelaskan bekerjanya alat-alat itu.

Tekanan Udara dalam Ruang Tertutup

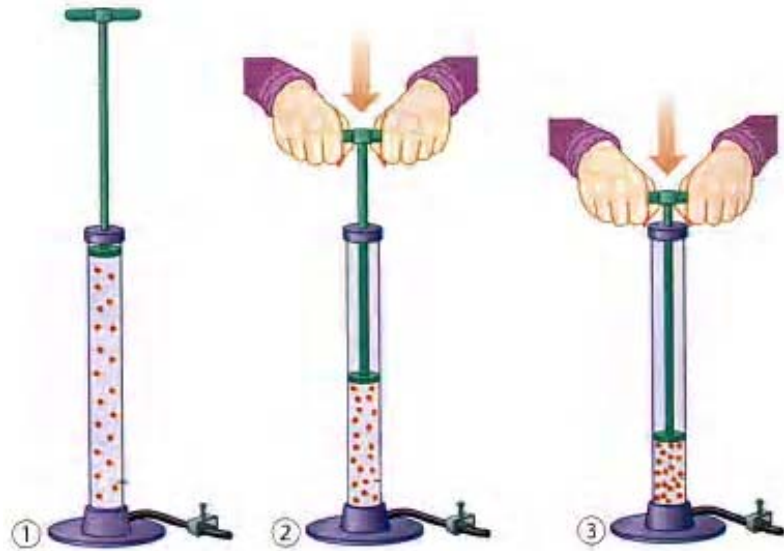
Udara di dalam ruang tertutup memiliki ciri yang berbeda dengan udara di ruang terbuka (atmosfer). Ciri-ciri tersebut menyangkut volume, tekanan, dan suhu.

Pengukuran Tekanan Udara dalam Ruang Tertutup

Alat pengukur tekanan udara dalam ruang tertutup yang paling sederhana disebut **manometer terbuka**. Perhatikan **Gambar 8.39 (a)**. Pipa-U diisi sebagian dengan zat cair, biasanya air raksa atau air. Perbedaan tekanan udara di

Gambar 8.40

Menurut hukum Boyle, bila volume gas diperkecil, maka tekanan gas semakin besar asalkan suhu gas tersebut tetap. Gambar nomor berapakah yang tekanan gasnya paling kecil, dan yang mana yang paling besar?



Sumber: Bakalian, et al., 1994.

dalam dan di luar ruang ditunjukkan oleh perbedaan ketinggian permukaan zat cair tersebut. Semakin besar tekanan udara di dalam ruang, perbedaan ketinggian ini juga semakin besar.

Alat pengukur tekanan udara dalam ruang jenis lain adalah **manometer Bourdon**. Perhatikan **Gambar 8.39 (b)**. Tekanan dari dalam ruang tertutup akan mengubah kelengkungan pipa lentur. Ujung pipa itu dihubungkan dengan jarum berskala. Ketika pipa itu berubah kelengkungannya akibat tekanan, penunjukan jarum tersebut juga berubah.

Hukum Boyle

Misalkan kamu menempatkan gas dalam wadah tertutup yang dapat diubah volumenya, seperti **pompa sepeda Gambar 8.40**. Kamu dapat memperkecil atau memperbesar wadah itu tanpa mengubah banyaknya gas di dalamnya. Seperti pada saat memompa ban sepedamu, apa yang kamu rasakan ketika volume gas itu diperkecil?

Tekanan suatu gas bergantung seberapa sering partikel-partikel gas tersebut menumbuk dinding wadah tersebut. Jika kamu menekan gas ke suatu ruang yang lebih kecil, partikel-partikelnya akan lebih sering menumbuk dinding ruang tersebut. Akibatnya tekanan gas itu bertambah. Hal sebaliknya akan terjadi. Jika kamu memberikan ruang yang lebih besar, partikel-partikel gas tersebut menjadi lebih jarang menumbuk dinding dan tekanan gas tersebut mengecil.

Robert Boyle (1627-1691), seorang ilmuwan Inggris, menjelaskan sifat-sifat gas tersebut. Menurut **hukum Boyle**, jika kamu memperkecil volume suatu wadah gas, tekanan gas tersebut membesar, asalkan **suhu gas tersebut tetap**. Memperbesar volume wadah tersebut menyebabkan tekanan gas tersebut turun. Penting untuk dicatat bahwa hukum ini berlaku asal suhu gas tersebut tetap.



Penggunaan Matematika

Jika kamu ingin mengangkat benda seberat 20.000 N, berapakah gaya yang harus kamu berikan pada piston kecil, jika luas piston kecil 10 cm² dan luas piston besar 200 cm²?

Intisari Subbab



1. Mungkinkah sebuah perahu yang dibuat dari semen dapat terapung? Jelaskan.
2. Kamu mampu mengangkat tubuh temanmu di dalam air kolam, namun tidak mampu jika di darat. Gaya apa yang membantumu mengangkatnya? Berasal dari manakah gaya ini?
3. Jelaskan bagaimana prinsip bekerjanya mesin hidrolik.
4. Bagaimana tekanan dihitung?
5. Bagaimana cara mengukur tekanan udara dalam ruang tertutup?
6. **Berpikir kritis:** Jika kamu mengisi balon dengan udara hingga menggelembung, mengikat mulutnya, kemudian melepaskannya, balon itu akan jatuh ke lantai. Mengapa balon itu jatuh, dan tidak melayang di udara?



Bina Keterampilan

Menghitung

1. Massa jenis air adalah 1,0 g/cm³. Berapa kilogram air yang dipindahkan oleh balok besi 120 cm³ yang terbenam di dalam air tersebut? Satu kilogram beratnya 9,8 N. Berapakah gaya apung yang bekerja pada balok itu?
2. Di dalam ruang tertutup yang volumenya 0,1 m³ terdapat udara yang tekanannya 2 atm. Menjadi berapakah tekanan udara dalam ruang tersebut, jika volumenya dijadikan 0,05 m³, sedangkan suhunya sama?



Rangkuman



A. Gaya

1. Gaya berupa tarikan atau dorongan sebuah benda yang dikerahkan pada benda lain. Gaya pada arah yang sama digabung dengan penjumlahan. Gaya pada arah yang berlawanan digabung dengan pengurangan.
2. Gaya-gaya setimbang yang bekerja pada sebuah benda tidak mengubah gerak benda itu. Gaya-gaya tak setimbang selalu mengubah gerakan sebuah benda.
3. Hukum pertama Newton tentang gerak menyatakan bahwa gerak benda tidak akan berubah kecuali ada resultan gaya total yang bekerja pada benda itu.
4. Terdapat gaya yang melawan gerak dua permukaan yang bersentuhan, yang disebut gaya gesekan.

B. Gerak Dipercepat

1. Sesuai dengan hukum kedua Newton, adanya gaya resultan atau gaya total yang bekerja pada sebuah benda menyebabkan benda tersebut bergerak dipercepat pada arah gaya itu. Besar percepatan tersebut bergantung pada gaya dan massa benda tersebut.
2. Di dekat permukaan Bumi, gaya gravitasi menyebabkan benda jatuh dipercepat dengan suatu percepatan $9,8 \text{ m/s}^2$. Dengan mengabaikan hambatan udara, semua benda jatuh dengan percepatan itu, berapapun massanya.
3. Hambatan udara bekerja pada arah yang berlawanan dengan gerak benda tersebut.

C. Aksi dan Reaksi

1. Gaya selalu bekerja berpasangan. Pasangan gaya itu disebut gaya aksi dan gaya reaksi.
2. Gaya-gaya dalam suatu pasangan aksi-reaksi selalu sama besarnya dan berlawanan arah.

D. Tekanan

1. Gaya yang bekerja pada suatu luasan tertentu menghasilkan tekanan.
2. Tekanan fluida disebabkan oleh partikel-partikelnya yang memiliki massa dan selalu bergerak. Seluruh fluida memberikan tekanan sama besar ke segala arah.
5. Fluida mengalir dari tempat yang tekanannya lebih besar ke tempat yang tekanannya lebih kecil.
4. Prinsip Archimedes menyatakan bahwa gaya apung pada sebuah benda di dalam fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan benda itu.
5. Prinsip Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada suatu fluida diteruskan dengan besar tetap melalui fluida tersebut.



Evaluasi



GAYA

Reviu Perbendaharaan Kata

Pasangkan Kata-kata Kunci IPA berikut dengan pernyataan di bawahnya (tidak semua kata kunci digunakan).

- a. gaya-gaya setimbang
 - b. gaya
 - c. gesekan
 - d. gaya gravitasi
 - e. kelembaman
 - f. gaya-gaya tak setimbang
 - g. berat
 - h. hambatan udara
 - i. hukum kedua Newton tentang gerak
 - j. hukum ketiga Newton tentang gerak
1. gaya yang melawan gerak suatu benda yang jatuh di dekat permukaan Bumi
 2. tarikan atau dorongan yang bekerja pada sebuah benda
 3. jenis gaya yang mengubah gerakan sebuah benda
 4. kecenderungan sebuah benda untuk melawan perubahan dalam gerak
 5. suatu gaya yang melawan gerak antara dua permukaan
 6. gaya yang dikerahkan oleh setiap benda di alam terhadap benda lain
 7. berhubungan dengan gaya-gaya aksi-reaksi
 8. besar gaya gravitasi pada sebuah benda

Pemahaman Konsep

Pilihlah kata atau kata-kata yang melengkapi kalimat atau menjawab pertanyaan berikut.

1. Berikut ini manakah yang berupa gaya?
 - a. kelembaman
 - b. gesekan
 - c. percepatan
 - d. kecepatan
2. Gaya gravitasi antara dua benda bergantung pada ... benda itu.
 - a. massa
 - b. kelajuan
 - c. bentuk
 - d. volume
3. Gaya yang bekerja hanya antara permukaan-permukaan yang bersentuhan adalah
 - a. kelembaman
 - b. gesekan
 - c. gravitasi
 - d. gaya total
4. Benda dengan massa lebih besar memiliki ... daripada benda bermassa lebih kecil.
 - a. kelembaman lebih kecil
 - b. kelembaman lebih besar
 - c. berat lebih kecil
 - d. percepatan lebih besar
5. Gaya tak setimbang yang bekerja pada sebuah benda bergerak menyebabkan benda tersebut
 - a. jatuh
 - b. dipercepat
 - c. berhenti
 - d. melengkung

6. ... adalah gaya gravitasi pada sebuah benda.
 - a. Gesekan
 - b. Kelembaman
 - c. Massa
 - d. Berat
7. Berikut ini, manakah yang melawan percepatan akibat gaya gravitasi?
 - a. gaya aksi
 - b. gaya reaksi
 - c. hambatan udara
 - d. massa benda
8. Berdasarkan hukum kedua Newton, ... sama dengan massa dikalikan percepatan.
 - a. gravitasi
 - b. berat
 - c. kecepatan
 - d. gaya
9. Manakah yang paling baik menggambarkan hukum ketiga Newton?
 - a. gerak jatuh
 - b. gerak melingkar
 - c. gerak roket
 - d. gerak lurus
10. Berikut ini, manakah yang tidak berpengaruh terhadap besarnya hambatan udara yang bekerja pada sebuah benda?
 - a. massa
 - b. ukuran
 - c. bentuk
 - d. kelajuan
12. Apakah perbedaan antara massa dan berat?
13. Jelaskan akibat-akibat adanya kelembaman dalam kehidupan sehari-hari.
14. Mengapa berat benda bermassa besar lebih besar daripada benda bermassa kecil?
15. Jika gaya-gaya dalam pasangan aksi-reaksi sama besar dan berlawanan arah, mengapa gaya-gaya itu tidak setimbang?

Berpikir Kritis

16. Jelaskan mengapa kereta api yang melaju cepat tidak dapat dihentikan mendadak.
17. Berapakah gaya yang bekerja pada mobil 1000 kg yang memiliki percepatan 15 m/s^2 ?
18. Gerak benda 12 kg dilawan oleh gaya gesekan 30 N. Berapakah perlambatan benda itu?
19. Kamu diminta untuk merancang jalan pegunungan yang berkelok-kelok. Gaya apa yang harus kamu coba perbesar dalam merancang jalan ini? Bagaimana kamu dapat melakukan hal ini?
20. Bulan tidak memiliki atmosfer dan gravitasinya sekitar seperenam gravitasi Bumi. Berdasarkan faktor-faktor ini, jelaskan bagaimana gerakan benda-benda di dekat bulan dibandingkan dengan gerakan benda-benda di dekat Bumi.

Penilaian Kinerja

21. **Mengamati dan Menginferensi:** Sebuah mobil diam di sebuah bukit. Gaya-gaya apa yang bekerja pada mobil itu. Apakah gaya-gaya tersebut setimbang atau tak setimbang? Jelaskan bagaimana kamu mendapatkan jawabanmu.

Pemahaman Konsep

Jawablah Pertanyaan berikut dalam buku IPA-mu dengan kalimat yang lengkap.

11. Baik gesekan maupun gravitasi adalah gaya. Jelaskan paling sedikit dua perbedaan antara keduanya.

22. **Menafsirkan Data:** Tabel berikut berisi data tentang empat benda yang jatuh ke tanah dari ketinggian dan waktu yang sama.

Waktu Jatuh Berbagai Benda		
Benda	Massa	Waktu jatuh
A	5,0 g	2,0 s
B	5,0 g	1,0 s
C	30,0 g	0,5 s
D	35,0 g	1,5 s

- Benda manakah yang jatuh paling cepat? Paling lambat?
- Gaya gravitasi pada benda manakah yang terbesar?
- Apakah hambatan udara lebih kuat pada A atukah B?

Pengembangan Keterampilan

- Poster:** Buatlah sebuah poster yang memperlihatkan bagaimana sebuah mesin roket bekerja. Gunakan hukum ketiga Newton untuk menjelaskan mengapa roket dapat lepas landas.

TEKANAN

Reviu Perbendaharaan Kata

Pasangkan kata-kata IPA berikut dengan dengan frasa atau kalimat yang benar di bawahnya (tidak semua kata IPA digunakan).

- prinsip Archimedes
 - hukum Boyle
 - gaya apung
 - pascal
 - prinsip Pascal
 - tekanan
 - fluida
 - zat cair
 - gravitasi
 - cm Hg
- bahan yang tidak memiliki bentuk tertentu
 - besar gaya tiap satuan luas
 - satuan tekanan dalam sistem SI
 - Gaya apung pada suatu benda di dalam suatu fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan benda tersebut.
 - Gaya yang menyebabkan tekanan air bertambah bila kedalamannya bertambah.

Pengecekan Konsep

Pilihlah kata atau kata-kata yang melengkapi kalimat berikut.

- Mesin-mesin hidrolik berdasarkan pada
 - gaya apung
 - hukum Charles
 - hukum Boyle
 - prinsip Pascal
- Tekanan di dalam fluida bekerja ke
 - atas
 - bawah
 - samping
 - segala arah
- Tekanan fluida berubah sesuai kedalaman karena
 - volume
 - prinsip Archimedes
 - gravitasi
 - hukum Boyle
- Gaya ke atas oleh suatu fluida pada suatu benda yang berada di dalam fluida tersebut disebut
 - hidrolik
 - gravitasi
 - gaya apung
 - berat

5. Gaya apung terhadap sebuah benda sama dengan berat
- benda itu
 - fluida yang dipindahkan
 - wadah fluida
 - seluruh fluida

Pemahaman Konsep

Jawablah pertanyaan berikut dalam buku IPA-mu.

- Apakah yang dimaksud dengan tekanan fluida?
- Dengan menggunakan prinsip tekanan fluida, jelaskan bekerjanya pipet tetes.
- Paparkan bagaimana bekerjanya mesin hidrolis .
- Jelaskan mengapa beratmu lebih besar saat di luar air (di udara) daripada di dalam air.
- Jelaskan bekerjanya manometer pipa terbuka.

Berpikir Kritis

- Udara memberikan gaya sebesar 100.000 N pada permukaan atas meja, menghasilkan tekanan 1000 N/cm².
 - Berapakah luas permukaan meja itu?
 - Berapakah gaya pada meja, jika luas permukaan meja itu menjadi 2 kali semula?
- Jelaskan bagaimana cara yang kamu lakukan agar sepotong aluminium dapat terapung di air.
- Perahu bermuatan pasir mendekati jembatan di atas sungai. Perahu itu tidak dapat menerobos lewat bawah jembatan itu. Haruskah pasir ditambahkan pada perahu itu atau dikurangi? Jelaskan.

Penilaian Kinerja

- Merancang Eksperimen:** Massa jenis emas adalah 19,3 g/cm³. Massa jenis pirit, atau batu bijih emas adalah 5,02 g/cm³. Dengan menggunakan air raksa, bermassa jenis 13,6 g/cm³, paparkan sebuah eksperimen sehingga kamu dapat mengatakan mana yang emas dan mana yang pirit.
- Bertanya:** Misalkan kamu adalah seorang wartawan yang mewawancarai seseorang yang baru saja membuat rekor kedalaman menyelam. Tulislah tiga pertanyaan yang akan kamu tanyakan.
- Mengenali Sebab Akibat:** Tulislah akibat-akibat yang mungkin terjadi pada hal-hal berikut ini.
 - Tekanan pada sebuah balon mengecil.
 - Gaya apung sama dengan beratmu

Pengembangan Keterampilan

- Laporan:** Lakukan penyelidikan di perpustakaan tentang akibat-akibat perubahan tekanan pada tubuh manusia, lalu tulislah laporannya. Laporanmu sebaiknya memuat pula segala peringatan yang harus diindahkan berkaitan dengan perubahan tekanan di angkasa dan di kedalaman air.