

Pembelajaran 2. Kinematika dan Dinamika Gerak, serta Suhu dan Kalor

Sumber : Modul 4. Pendidikan Profesi Guru.
Modul D Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan.
Penulis : DR. Eka Cahya Prima, S. Pd., M.T (Modul 4 PPG)
Eddy Susianto, S. Pd, M. T (Modul D PKB)

A. Kompetensi

Penjabaran model kompetensi yang selanjutnya dikembangkan pada kompetensi guru bidang studi yang lebih spesifik pada pembelajaran 2. Pembelajaran Kinematika dan Dinamika Gerak, Serta Suhu dan Kalor, ada beberapa kompetensi guru bidang studi yang akan dicapai pada pembelajaran ini, kompetensi yang akan dicapai pada pembelajaran ini adalah guru P3K mampu:

Menguasai teori dan aplikasi materi pelajaran IPA yang mencakup: Gerak, Gaya, dan Tekanan; Energi, Usaha, dan Pesawat Sederhana; serta Suhu dan Kalor.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator Pencapaian kompetensi yang akan dicapai dalam pembelajaran 2 ini antara lain adalah:

1. Menerapkan konsep gerak, gaya, dan tekanan dalam kehidupan sehari-hari.
2. Menerapkan konsep energi, usaha, dan pesawat sederhana dalam kehidupan sehari-hari.
3. menganalisis gerak benda dan makhluk hidup, keterkaitan gaya dengan gerak, serta tekanan hidrostatik.
4. menganalisis hubungan antara pemanfaatan bahan dengan sifat bahan (sifat bahan terkait konduktivitas termal, kalor laten, dll).
5. Menerapkan konsep suhu dan kalor dalam kehidupan sehari-hari.

C. Uraian Materi

1. Gerak

Apa itu gerak? Bagaimana seseorang atau sebuah benda itu dikatakan bergerak? Suatu benda dikatakan bergerak jika benda itu mengalami perubahan kedudukan terhadap titik tertentu sebagai acuan. Jadi jelaslah bahwa gerak adalah perubahan posisi atau kedudukan terhadap suatu titik acuan tertentu.



Gambar 39. Penumpang Kereta Api

Sumber: <https://palembang.tribunnews.com> (4 Mei 2017)

Seseorang yang sedang duduk di kursi dalam kereta yang sedang berjalan. Dapat dikatakan orang tersebut diam terhadap kursi yang didudukinya, dalam hal ini kursi berperan sebagai kerangka acuan. Namun orang tersebut bergerak terhadap rel kereta, pepohonan, dan bangunan yang berada disepanjang jalur yang dilalui oleh kereta. Artinya gerak benda itu relatif, tergantung kerangka acuannya.

a. Gerak Lurus Beraturan dan Gerak Lurus Berubah Beraturan

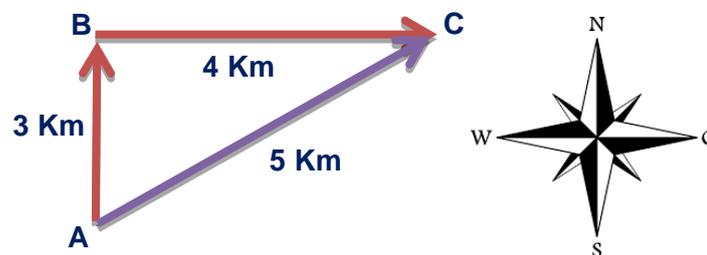
Menurut lintasannya gerak dapat dibedakan menjadi berbagai macam, misalnya gerak lurus, gerak parabola, gerak melingkar, dan sebagainya. Dalam gerak

lurus beraturan, benda menempuh jarak yang sama dalam selang waktu yang sama. Sebagai contoh, mobil yang melaju menempuh jarak 2 meter dalam waktu 1 detik, maka 1 detik berikutnya menempuh jarak 2 meter lagi, begitu seterusnya. Dengan kata lain perbandingan jarak dengan selang waktu selalu konstan, atau kecepatannya konstan.

b. Jarak dan Perpindahan

Selama bergerak benda mengalami perubahan kedudukan. Menurut Bresnick, garis lurus terpendek yang menghubungkan titik awal dan titik akhir, tanpa mempedulikan lintasannya disebut dengan perpindahan. Jadi selisih kedudukan akhir dan kedudukan awal disebut dengan perpindahan. Sedangkan seluruh lintasan yang ditempuh benda disebut sebagai jarak. Jarak merupakan besaran skalar, sedangkan perpindahan termasuk besaran vektor. Sebagai contoh, seorang siswa yang berlari mengelilingi lapangan sepakbola satu kali putaran, dikatakan ia menempuh jarak sama dengan keliling lapangan itu, namun ia tidak menempuh perpindahan karena ia kembali ke titik semula berarti selisih kedudukan awal dan akhir adalah nol.

Contoh lain, seorang siswa berkendara dari tempat A ke tempat B disebelah utara sejauh 3 km, kemudian berbelok ke timur ke tempat C sejauh 4 km, lalu berhenti. Berapa jarak yang ditempuh siswa tersebut? Berapa pula perpindahannya?



Gambar 40. Jarak dan Perpindahan

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa Jarak tempuh siswa dari posisi A sampai tujuan (C) adalah Panjang lintasan yang ditempuh, yaitu 7 Km. Sedangkan Perpindahan siswa yaitu perubahan posisi akhir terhadap posisi awalnya, yaitu 5 Km.

c. Kecepatan sesaat dan kecepatan rata-rata

Dalam pembahasan gerak dikenal istilah kecepatan dan kelajuan. Kecepatan diartikan sebagai perpindahan yang ditempuh tiap satuan waktu, sedangkan kelajuan diartikan sebagai jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Kecepatan termasuk besaran vektor, sedangkan kelajuan merupakan besaran skalar.

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{Perpindahan [m]}}{\text{selang waktu [s]}}$$

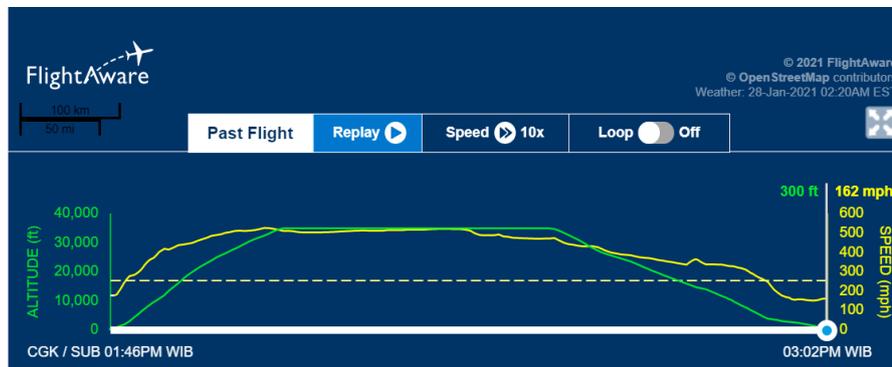
$$\text{Kelajuan} = \frac{\text{Jarak [m]}}{\text{selang waktu [s]}}$$

Sebagai contoh bila pada gambar 2, waktu yang dibutuhkan siswa dari posisi A sampai ke B adalah 3 menit, dan dari B ke C perlu 4 menit, maka:

$$\text{Kecepatan siswa} = \frac{5000 \text{ m}}{420 \text{ sekon}} = 11,9 \text{ m/s}$$

$$\text{Kelajuan siswa} = \frac{7000 \text{ m}}{420 \text{ sekon}} = 16,7 \text{ m/s}$$

Perhatikan grafik kecepatan pesawat Garuda terhadap ketinggian saat terbang dari Jakarta menuju Surabaya (GA-316) dengan waktu tempuh 1 jam 22 menit (1,36 jam) dan perpindahan posisi pesawat 691 km.



Gambar 41. Grafik kecepatan dan ketinggian pesawat
Sumber: www.flightaware.com

Garis hijau menyatakan ketinggian pesawat (kaki), dan garis kuning menyatakan kecepatan pesawat (mph). Semakin tinggi grafik semakin cepat dan semakin tinggi posisi pesawat. Maka:

$$\text{Kecepatan rata – rata pesawat} = \frac{691 \text{ km}}{1,36 \text{ jam}} = 508,1 \text{ km/jam}$$

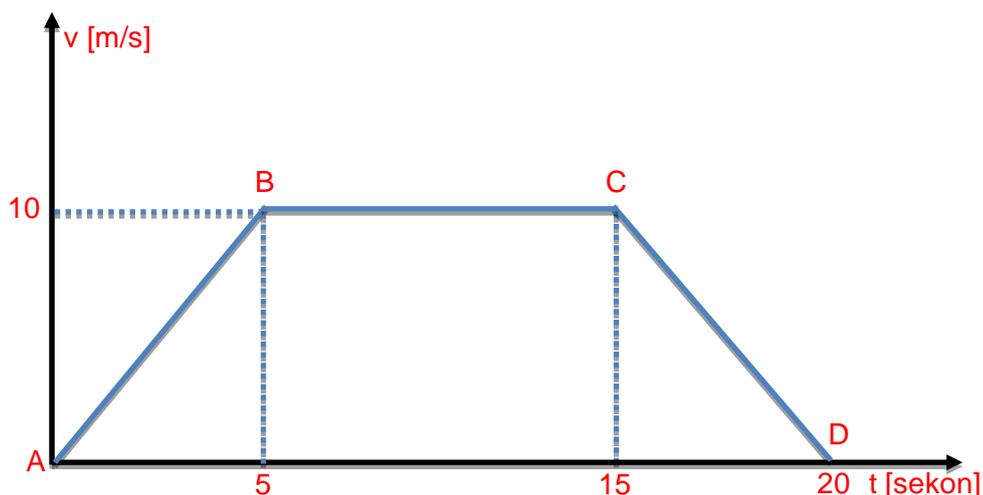
Sedangkan kecepatan sesaat pesawat selalu berubah setiap waktu berdasarkan grafik, kecuali untuk grafik kuning yang mendatar dalam rentang waktu yang lama, saat pesawat menggunakan auto pilot.

d. Percepatan

Benda yang bergerak dengan kecepatan yang tidak konstan akan mengalami perubahan kecepatan dalam selang waktu tertentu. Benda tersebut dikatakan mengalami percepatan.

Besarnya percepatan atau perlambatan (akselerasi) dapat ditentukan dengan membagi perubahan kecepatan dengan selang waktu yang ditempuh.

$$\text{Percepatan} = \frac{\text{Perubahan Kecepatan} \left[\frac{m}{s} \right]}{\text{selang waktu [s]}}$$



Gambar 42. Grafik kecepatan terhadap waktu
Sumber: dokumen pribadi

Berdasarkan grafik kecepatan suatu benda terhadap waktu di atas, dapat kita deskripsikan bahwa kecepatan benda bergerak selalu bervariasi dari waktu ke waktu.

$$\text{Percepatan A ke B} = \frac{v_B - v_A}{\text{selang waktu [s]}} = \frac{10 - 0}{5} = 2 \text{ m.s}^{-2}$$

Kecepatan benda dari titik A ke titik B mengalami peningkatan seiring waktu dengan nilai percepatan 2 m.s^{-2} .

$$\text{Percepatan B ke C} = \frac{v_C - v_B}{\text{selang waktu [s]}} = \frac{10 - 10}{10} = 0 \text{ m.s}^{-2}$$

Kecepatan benda dari titik B ke titik C tidak mengalami perubahan (kecepatan benda konstan), artinya percepatan benda bernilai nol.

$$\text{Percepatan C ke D} = \frac{v_D - v_C}{\text{selang waktu [s]}} = \frac{0 - 10}{5} = -2 \text{ m.s}^{-2}$$

Kecepatan benda dari titik C ke D mengalami penurunan dengan percepatan benda yang nilainya minus 2 m.s^{-2} sampai akhirnya berhenti bergerak. Percepatan yang bernilai minus sering disebut juga dengan perlambatan.

2. Gaya

Gaya adalah tarikan atau dorongan. Gaya dapat mengubah bentuk, arah, dan kecepatan benda. Misalnya pada plastisin, Anda dapat melempar plastisin, menghentikan lemparan (menangkap) plastisin, atau bahkan mengubah bentuk plastisin dengan memberikan gaya. Tahukah Anda, gaya apakah yang diberikan pada plastisin tersebut? Ada berapa jenis gaya yang dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari?

Gaya dapat dibedakan menjadi gaya sentuh dan gaya tak sentuh. Gaya sentuh contohnya adalah gaya otot dan gaya gesek. Gaya otot adalah gaya yang ditimbulkan oleh koordinasi otot dengan rangka tubuh. Misalnya, seseorang hendak memanah dengan menarik mata panah ke arah belakang. Gaya gesek adalah gaya yang diakibatkan oleh adanya dua buah benda yang saling bergesekan. Gaya gesek selalu berlawanan arah dengan gaya yang diberikan pada benda. Contohnya adalah gaya gesekan antara meja dengan lantai. Meja yang didorong ke depan akan bergerak ke depan, namun pada waktu yang

bersamaan meja juga akan mengalami gaya gesek yang arahnya berlawanan dengan arah gerak meja.



Gambar 43. Contoh (a) Seseorang Hendak Memanah, (b) Seseorang sedang Mendorong Meja

Gaya tak sentuh adalah gaya yang tidak membutuhkan sentuhan langsung dengan benda yang dikenai. Contohnya seperti saat kita mendekatkan ujung magnet batang dengan sebuah paku besi. Seketika paku besi akan tertarik dan menempel pada magnet batang. Hal tersebut disebabkan oleh adanya pengaruh gaya magnet yang ditimbulkan magnet batang. Selain gaya magnet, gaya gravitasi pada orang yang sedang terjun payung juga merupakan contoh gaya tak sentuh.

Jika sebuah benda dalam keadaan diam, untuk membuatnya mulai bergerak diperlukan gaya, artinya suatu gaya dibutuhkan untuk mempercepat sebuah benda dari kecepatan nol ke kecepatan bukan nol. Untuk sebuah benda yang sudah bergerak, jika kita ingin mengubah kecepatannya baik arah maupun magnitudonya lagi-lagi diperlukan gaya.

3. Tekanan

Pada saat musim hujan Anda sering menjumpai jalanan yang berlumpur akibat terguyur hujan sehingga kita lebih sulit untuk melintasi jalanan tersebut. Pernahkah anda mengamati bagaimana beberapa mobil terjebak di jalan berlumpur tersebut tidak bisa bergerak maju. Namun tank yang bobotnya puluhan ton mampu melaju dengan baik di jalan berlumpur tersebut, kenapa demikian?



Gambar 44. Mobil terjebak di jalan berlumpur

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=NaugeNfIM5c>



Gambar 45. Tank yang melaju di jalan berlumpur

Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=ZblMmFLbntg>

Fenomena tersebut juga dapat Anda amati pada angsa atau entok atau bebek dan ayam. Coba Anda perhatikan tempat hidup angsa dan ayam! Angsa dapat dengan mudah mencari makan di tempat yang berlumpur, misalnya di sawah, sedangkan ayam kesulitan untuk mencari makan di tempat tersebut. Mengapa angsa dapat memiliki kemampuan seperti itu? Coba Anda perhatikan struktur dari kaki angsa dan ayam.

Angsa memiliki selaput pada kakinya, sedangkan ayam tidak memiliki. Agar Anda mengetahuinya, perhatikan Gambar 8!



Gambar 46. Kaki ayam dan kaki angsa

Sumber: pixabay.com

Permukaan pijakan yang luas menyebabkan tekanan yang dihasilkan oleh kaki terhadap lumpur semakin kecil, sehingga angsa tidak mudah terperosok masuk ke dalam lumpur.

Tahukah Anda apa itu tekanan? Tekanan sangat berhubungan dengan gaya dan luas permukaan benda. Semakin besar gaya yang mengarah ke media yang ditekan, semakin besar tekanannya. Semakin besar luas permukaan bidang tekan, semakin kecil tekanannya. Artinya gaya dengan tekanan berbanding lurus, sedangkan luas permukaan bidang tekan berbanding terbalik dengan tekanannya. Itulah mengapa bebek, angsa, dan tank dapat melewati tanah lumpur dengan mudah dibandingkan ayam dan mobil yang luas permukaan bidang tekannya kecil.

Persamaan tekanan (P) dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{F \text{ (gaya)}}{A \text{ (luas permukaan bidang tekan)}}$$

Keterangan : P = tekanan [Newton.m⁻² atau Pascal]

F = Gaya tekan [Newton]

A = luas permukaan bidang tekan [m²]

a. Tekanan Zat Cair

1) Tekanan Hidrostatik

Pernahkah Anda mencelupkan balon berisi udara ke dalam kolam berisi air? Apa yang anda rasakan ketika anda mendorong balon semakin dalam ke dasar kolam? Semakin ke dasar, tangan kita merasakan dorongan dari balon dari berbagai arah. Balon semakin susah didorong ke arah bawah. Perhatikan Gambar 9!

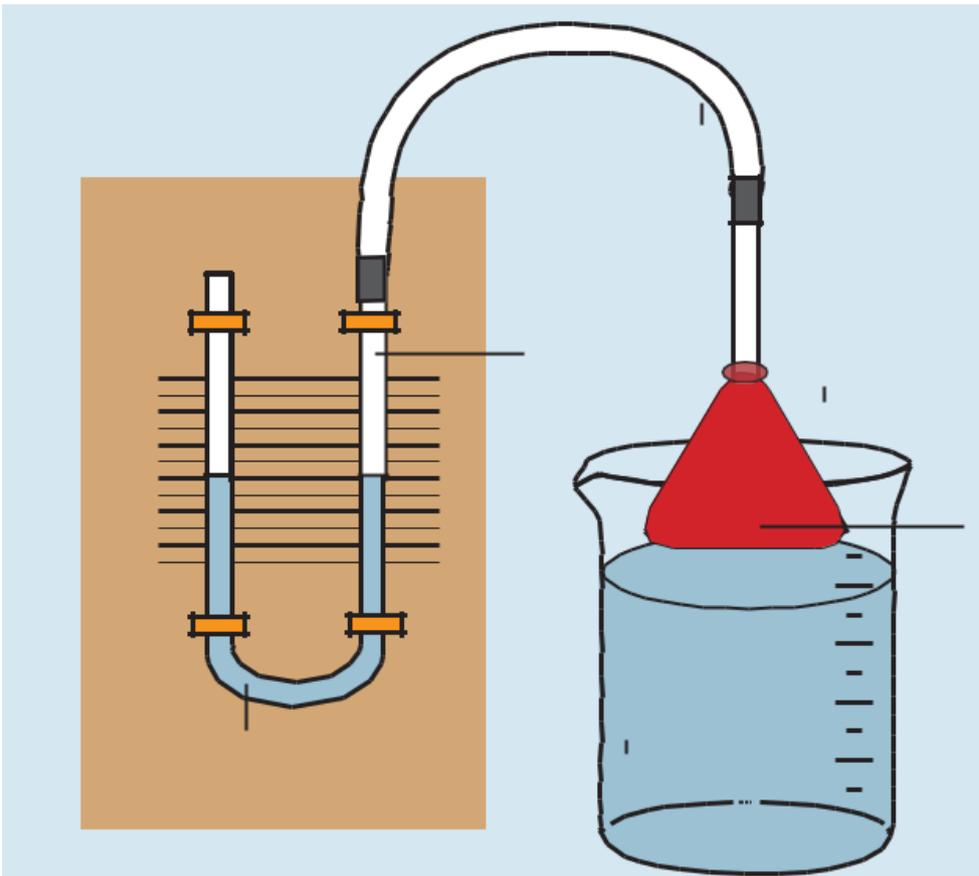


Gambar 47. Menyelam melihat pesona bawah laut
Sumber: kompas.com

Ketika menyelam, apa yang anda rasakan dengan gendang telinga anda? Semakin dalam Anda menyelam, apa yang anda rasakan? Apakah anda merasa seperti dihimpit oleh sesuatu? Mengapa hal ini dapat terjadi? Agar mengetahuinya, ayo lakukan Aktivitas berikut!

Siapkan pipa U, corong plastik/kaca, selang plastic/karet yang ukurannya disesuaikan dengan diameter pipa dan mulut corong, 3 gelas kimia, dudukan pipa U, kertas milimeter blok, air garam, air suling, dan minyak kelapa.

Rangkaikan peralatan seperti pada gambar 10!



Gambar 48. Rangkaian alat percobaan tekanan zat cair

- Isilah gelas kimia dengan air!
- Masukkan corong ke dalam gelas kimia, kemudian ubahlah kedalaman corong yang terdapat pada gelas kimia sesuai dengan data kedalaman (h) yang terdapat di dalam Tabel 1!
- Amatilah selisih permukaan air (Δh) yang terdapat pada pipa U. Jangan lupa lakukan percobaan ini dengan teliti dan cermat!
- Ulangi kembali percobaan di atas dengan mengganti gelas kimia yang berisi air garam, dan minyak kelapa atau minyak goreng!
- Tuliskan hasil pengamatan pada Tabel 1!

Tabel 5. Data hasil percobaan tekanan zat cair

No.	Kedalaman	Selisih ketinggian		
		Air	Air Garam	Minyak kelapa
1	5			
2	10			
3	15			
4				
5				

Apa yang perlu Anda diskusikan?

Menurut anda, manakah yang lebih besar antara massa jenis air atau massa jenis minyak kelapa?

Bagaimana selisih ketinggian air pada pipa U jika corong dimasukkan semakin dalam pada gelas kimia?

Coba bandingkan selisih ketinggian air pada pipa U pada setiap kedalaman corong ketika dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi air garam dan ketika berisi minyak kelapa! Manakah yang memiliki selisih ketinggian lebih besar?

Penyebab selisih ketinggian adalah adanya tekanan dari cairan (air garam dan minyak) yang diteruskan melalui corong dan selang. Faktor apa sajakah yang memengaruhi besarnya tekanan dari percobaan ini?

Apa yang dapat Anda simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah Anda lakukan, apa yang dapat Anda simpulkan?

Setelah melakukan Aktivitas berdasarkan data dari tabel 1, Anda telah mengetahui bahwa kedalaman zat cair dan massa jenis zat cair memengaruhi tekanan yang dihasilkan oleh zat cair atau disebut dengan tekanan hidrostatik. Semakin dalam zat cair, semakin besar tekanan yang dihasilkan. Semakin besar massa jenis zat cair, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan. Sehingga tekanan hidrostatik yang dialami benda yang dicelupkan dalam cairan/fluida adalah:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan : P_h = tekanan hidrostatik [Newton.m⁻² atau Pascal]

ρ = massa jenis cairan [kg.m⁻³]

g = percepatan gravitasi bumi [m.s⁻²]

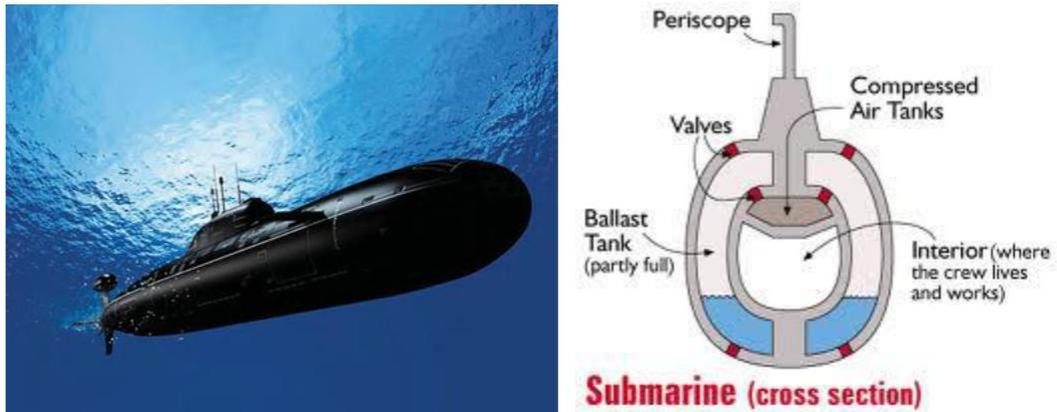
h = kedalaman benda dari permukaan zat cair [m]

Penerapan konsep tekanan hidrostatik ini digunakan untuk merancang berbagai struktur bangunan dalam penampungan air, misalnya pembangunan bendungan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Lihat Gambar 11!



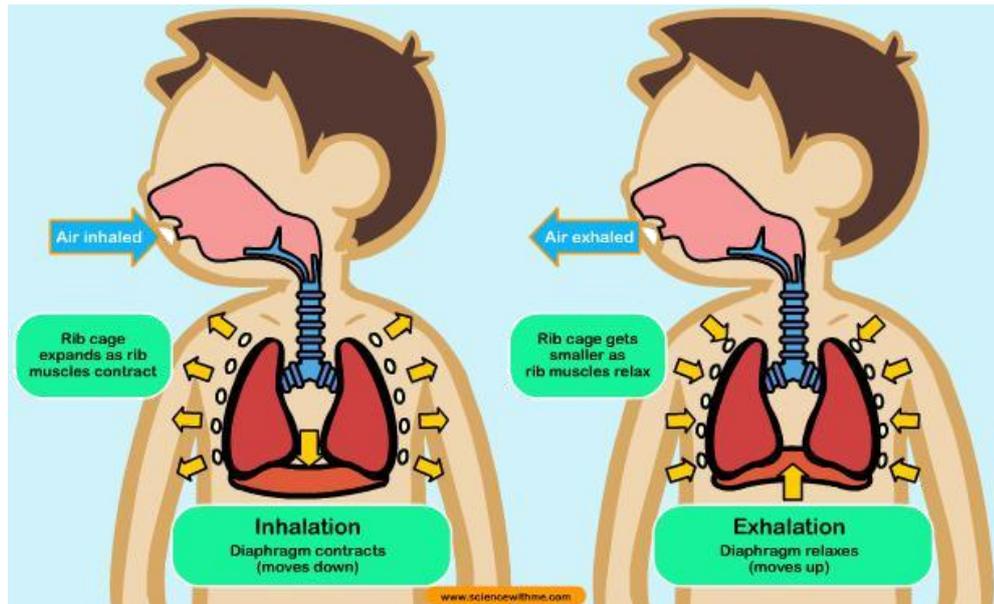
Gambar 49. Struktur Bendungan Air
Sumber: wikimedia.org

Selain PLTA, para arsitek kapal selam juga memperhitungkan tekanan hidrostatik air laut, sehingga kapal selam mampu menyelam ke dasar laut dengan kedalaman ratusan meter tanpa mengalami kebocoran atau kerusakan akibat tekanan hidrostatik. Lihat Gambar 12!



Gambar 50. Kapal Selam
Sumber: inhabitat.com

Apakah Anda mengetahui bahwa manusia hanya mampu menyelam hingga kedalaman kurang lebih 20 m? Hal ini dikarenakan paru-paru manusia tidak dapat menahan tekanan yang besar (>240.000 Pa). Lihat Gambar 13!



Gambar 51. Skema tekanan pada paru-paru manusia
Sumber: Pusat sumber belajar IPA online

2) Tekanan Udara

Tekanan udara diukur berdasarkan tekanan gaya pada permukaan dengan luas tertentu, misalnya 1 cm^2 . Satuan yang digunakan adalah atmosfer (atm), millimeter kolom air raksa (mmHg) atau milibar (mbar). Tekanan udara patokan (sering juga disebut) tekanan udara normal) adalah tekanan kolom udara setinggi lapisan atmosfer bumi pada garis lintang 45° dan suhu 0°C . besarnya tekanan udara tersebut dinyatakan sebagai 1 atm. Tekanan sebesar 1 atm ini setara dengan tekanan yang diberikan oleh kolom air raksa setinggi 760 mm. satuan tekanan selain dengan atm atau mmHg juga dapat dan sering dinyatakan dalam satuan kg/m^2 .

Untuk suatu fluida diam gaya yang bekerja padanya harus selalu tegak lurus dengan permukaan fluida. Fluida diam tidak mampu menahan gaya tangensial yang menyebabkan fluida tersebut mengalir. Jadi gaya yang bekerja pada fluida diam adalah gaya normal. Gaya yang bekerja per satuan luas permukaan fluida disebut *tekanan* (p).

$$P = F/A$$

satuan dari tekanan adalah Pascal (N/m^2), satuan lain :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 14,7 \text{ lb/in}^2 = 760 \text{ mm Hg}$$

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Variasi Tekanan Udara

- Lintang bumi: semakin tinggi kerapatan udara, semakin besar udara yang ditimbulkan. Perbedaan dalam menerima energy matahari pada berbagai permukaan bumi pada lintang tempat yang berbeda membawa konsentrasi terhadap perbedaan kerapatan udara.
- Sebaran lautan dan daratan: pengaruh sebaran daratan dan lautan ini sangat jelas pada lintang pertengahan, pada musim dingin benua relatif lebih dingin dan mempunyai tendensi membentuk pusat-pusat tekanan tinggi,
- Ketinggian tempat: pergeseran garis edar matahari akan menyebabkan fluktuasi suhu musiman terutama untuk daerah garis lintang pertengahan.

Suhu akan berpengaruh terhadap pemuaian dan penyusutan volume udara. Jika suhu udara memuai maka udara menjadi lebih renggang dan tekanan udara menurun, demikian sebaliknya

3) Hukum Archimedes

Melalui penemuannya yang fenomenal Archimedes menyatakan bahwa:

“Jika benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka benda itu akan mendapat gaya ke atas yang sama besar dengan berat zat cair yang didesak oleh bagian benda yang tercelup”

Dengan kata lain “besarnya gaya apung suatu benda yang tercelup dalam cairan setara dengan berat fluida yang tumpah dari wadah”. Secara matematis hukum Archimedes dirumuskan sebagai berikut:

$$F_a = \rho \cdot g \cdot V_{bt}$$

Keterangan : F_a = Gaya apung [Newton]

ρ = massa jenis cairan [kg.m⁻³]

g = percepatan gravitasi bumi [m.s⁻²]

V_{bt} = Volume benda yang tercelup dalam zat cair [m³]

Menurut Archimedes, benda menjadi lebih ringan bila diukur dalam air daripada di udara karena di dalam air benda mendapat gaya ke atas. Ketika di udara, benda memiliki berat mendekati yang sesungguhnya.

Hukum Archimedes tersebut digunakan sebagai dasar pembuatan kapal laut atau kapal selam. Suatu benda dapat terapung atau tenggelam tergantung pada besarnya gaya berat (w) dan gaya apung (F_a). Jika gaya apung maksimum lebih besar daripada gaya berat maka benda akan terapung. Sebaliknya, jika gaya apung maksimum lebih kecil daripada gaya berat maka benda akan tenggelam. Jika gaya apung maksimum sama dengan berat benda, maka benda akan melayang. Gaya apung maksimum adalah gaya apung jika seluruh benda berada di bawah permukaan zat cair.

Udara yang kita hirup merupakan fluida juga sehingga penerapan hukum Archimedes berlaku disini. Balon udara yang berisi gas yang dibakar mampu terbang mengangkasa. Hal ini disebabkan gaya apung maksimum balon lebih besar dari berat total balon.



Gambar 52. Balon Udara
Sumber: www.usaballoon.com

4) Hukum Pascal

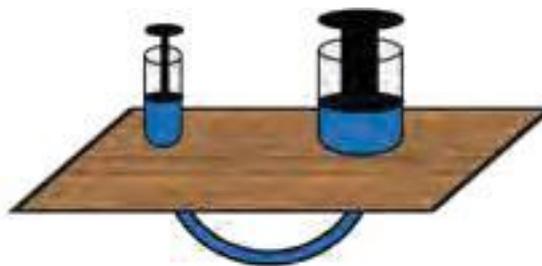
Pernahkah Anda melihat mobil yang dicuci di tempat pencucian kendaraan? Mobil di tempat pencucian kendaraan akan diangkat dengan menggunakan alat pengangkat yang disebut pompa hidrolik (Gambar 15) untuk membantu pencuci mobil menjangkau semua bagian mobil yang akan dibersihkan.



Gambar 53. Pengangkat hidrolik mobil
Sumber: Tribunnews.com

Bagaimana alat pengangkat tersebut dapat mengangkat mobil yang sangat berat padahal di dalam pompa hidrolik tersebut hanya berisi udara atau dapat berupa minyak? Anda penasaran bukan dengan hal tersebut? Agar mengetahuinya, ayo lakukan aktivitas berikut!

Buatlah alat sederhana yang memiliki prinsip kerja seperti pompa hidrolik dengan merangkaikan selang plastik pada dua alat suntik tersebut, seperti Gambar 16!



Gambar 54. Model Percobaan Pascal
Sumber: sukasains.com

Rancanglah alat tersebut sebaik mungkin! Ikuti Langkah kerja berikut!

- Isilah selang plastik dengan air sampai penuh, kemudian berilah pewarna makanan pada air yang ada dalam selang tersebut!
- Doronglah pengisap alat suntik kecil, lalu amati yang terjadi pada pengisap alat suntik besar.
- Amati pula aliran air berpewarna makanan yang ada dalam selang!
- Letakkan beban pada pengisap alat suntik besar, lalu doronglah pengisap alat suntik kecil. Apakah yang akan terjadi?
- Ulangi kegiatan tersebut dengan cara menempatkan beban di pengisap kecil dan dengan memberikan dorongan pada pengisap besar.
- Bandingkan besar dorongan (gaya) yang Anda berikan, ketika mendorong pengisap alat suntik kecil dan pengisap alat suntik besar.

Apa yang perlu Anda diskusikan?

Bagaimanakah dorongan (gaya) yang Anda berikan ketika beban diletakkan pada pengisap besar dan ketika beban diletakkan pada pengisap kecil? Mana yang memerlukan dorongan lebih mudah? Mengapa?

Apa yang dapat Anda simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah Anda lakukan, apa yang dapat Anda simpulkan?

Fenomena yang terdapat pada Aktivitas di atas menunjukkan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Hal ini merupakan bunyi dari hukum Pascal yang dikemukakan oleh Blaise Pascal (1623- 1662). Blaise Pascal yang lahir pada 19 Juni 1623 adalah seorang ahli matematika dan geometri yang juga mendalami ilmu filsafat dan agama. Meskipun tidak menempuh pendidikan yang resmi, pada usia 12 tahun Pascal berhasil menciptakan mesin penghitung yang membantu pekerjaan ayahnya sebagai petugas penarik pajak. Sepanjang hidupnya banyak penemuan yang ia publikasikan terutama pada bidang matematika. Selain itu, Pascal juga banyak melahirkan karya-karya dalam bidang fisika hidrodinamika dan hidrostatika, salah satunya adalah hukum Pascal. Coba perhatikan Gambar 17 yang merupakan penerapan hukum Pascal pada pompa hidrolik!



Gambar 55. Model Dongkrak Hidrolik
Sumber: Dok. Kemdikbud

Jika A_2 lebih besar dari A_1 maka akan diperoleh gaya angkat F_2 yang lebih besar dari F_1 . Ini merupakan prinsip kerja dari pompa hidrolik. Apakah Anda sudah mampu menjawab mengapa pompa hidrolik mampu mengangkat motor atau mobil yang sangat berat dengan menggunakan gaya yang kecil padahal di dalam pompa hidrolik tersebut hanya berisi udara atau dapat berupa minyak? Ingat fungsi dari pompa hidrolik adalah untuk mengurangi gaya yang diperlukan untuk

mengangkat beban yang lebih berat. Namun tidak mengubah energi yang diperlukan untuk mengangkat beban tersebut.

Pompa hidrolik menerapkan prinsip dari Hukum Pascal. Pada pompa hidrolik terdapat dua luas penampang yang berbeda, yaitu luas penampang kecil (A_1) dan luas penampang besar (A_2). Perhatikan Gambar 16! Luas penampang kecil (A_1) misalnya 1 cm^2 akan diberi gayayang kecil (F_1) misalnya 10 N , sehingga menghasilkan tekanan (P) sebesar 10 N/cm^2 . Tekanan (10 N/cm^2) akan diteruskan menuju luas penampang besar (A_2) misalnya 100 cm^2 .

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\text{maka } F_2 = \frac{F_1 \cdot A_2}{A_1} = \frac{10 \cdot 100}{1} = 1000 \text{ Newton}$$

Berdasarkan contoh tersebut dapat dilihat bahwa dengan memberikan gaya 10 N pada luas penampang kecil mampu menghasilkan gaya 1.000 N pada luas penampang besar. Berdasarkan prinsip inilah pompa hidrolik tersebut mampu mengangkat motor atau mobil yang cukup berat.

4. Energi dan Sumber Energi

a. Konsep Energi

Apa yang diperlukan tubuh Anda agar dapat melakukan kegiatan sehari-hari? Coba Perhatikan. Mengapa motor dan mobil dapat berjalan. Jika motor atau mobil tersebut kehabisan bahan bakar, apakah motor atau mobil tersebut dapat berjalan?



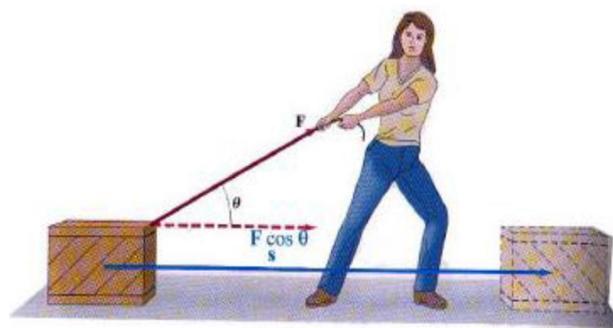
Gambar 56. Anak bersepeda
Sumber: Wolipop.detik.com

Pernahkah Anda naik sepeda? Perhatikan gerak roda sepeda yang sedang berputar. Pada saat berjalan, roda sepeda mengalami gerakan, yaitu menggelinding (Lihat Gambar 18!). Sepeda tentu tidak akan berjalan jika pedalnya tidak dikayuh. Anda dapat bergerak sesuai dengan keinginan Anda seperti, berdiri, dan duduk. Hal itu dapat dilakukan karena tubuh Anda memiliki energi. Untuk memahami hal ini, diskusikanlah hal berikut.

b. Usaha

1) Konsep Usaha

Kata “usaha” atau “kerja” memiliki berbagai arti dalam percakapan sehari-hari. Namun dalam fisika, usaha memiliki arti khusus, untuk memaparkan bagaimana dikerahkannya gaya pada benda, hingga benda berpindah



Gambar 57. Seseorang menarik peti di lantai. Usaha yang dilakukan oleh gaya F adalah
 $W = F s \cos \theta$

Usaha yang dilakukan pada sebuah benda oleh gaya tetap, F , (baik besar maupun arahnya) didefinisikan sebagai hasil kali besar perpindahan, s , dengan komponen gaya yang sejajar dengan perpindahan itu.

Dalam bentuk persamaan, kita dapat menulis

$$W = F \cdot s$$

Dengan F adalah komponen F yang sejajar dengan perpindahan benda, s . Secara umum, kita dapat menulis

$$W = F s \cos \theta \dots\dots\dots(1)$$

dengan θ adalah sudut antara arah gaya dengan perpindahan. Faktor $\cos \theta$ pada Pers. (1) dapat Anda peroleh dengan memperhatikan Gambar 1.2. Usaha adalah besaran skalar.

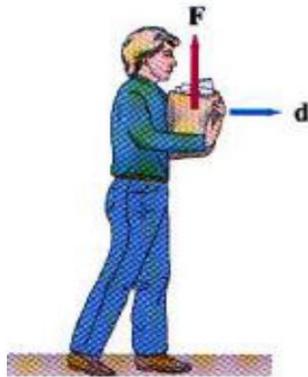
Usaha hanya mempunyai besar; karena tidak mempunyai arah seperti besaran vektor, usaha lebih mudah diterapkan dalam persoalan sehari-hari. Pertama, kita tinjau kasus gerak dan gaya yang berarah sama, sehingga $\theta = 0$, dan $\cos \theta = 1$. Maka usaha adalah $W = F s$. Sebagai contoh, jika Anda mendorong gerobak ke arah horizontal dengan gaya 60 N, hingga gerobak berpindah sejauh 50 m, Anda melakukan usaha $60 \text{ N} \cdot 50 \text{ m} = 3000 \text{ N}\cdot\text{m}$ terhadap gerobak.

Seperti yang telah kita lihat, dalam SI, usaha diukur dalam N.m. Nama khusus untuk satuan ini adalah joule (J). $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$. Dalam sistem cgs, usaha diukur dalam satuan erg, dan $1 \text{ erg} = 1 \text{ dyne}\cdot\text{cm}$.

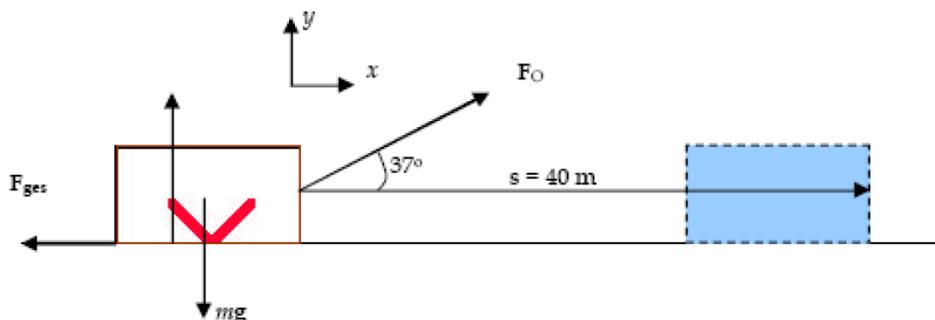
Gaya yang dikerahkan kepada sebuah benda belum tentu menghasilkan usaha. Sebagai contoh, jika Anda mendorong tembok, Anda tidak melakukan usaha terhadap tembok tersebut. Anda mungkin menjadi lelah (karena membebaskan energi melalui otot), namun karena tembok tidak bergerak ($s = 0$), maka $W = 0$. Anda juga tidak melakukan usaha, jika Anda memindahkan benda dengan mendukung atau memondong benda itu (gaya Anda vertikal ke atas) dan Anda berjalan horizontal, seperti Gambar 2. Hal ini terjadi karena $\theta = 90^\circ$, sehingga $\cos \theta = \cos 90^\circ = 0$, sehingga $W = 0$.

Modul Belajar Mandiri

Bila Anda membicarakan usaha, perlu Anda perjelas apakah Anda berbicara tentang usaha yang dilakukan oleh suatu benda, ataukah usaha pada suatu benda. Penting pula untuk memperjelas apakah usaha tersebut dilakukan oleh sebuah gaya, ataukah oleh gaya total (beberapa gaya) pada sebuah benda.



Gambar 58. Usaha yang dilakukan pria di atas sama dengan nol, karena F tegak lurus dengan d .



Gambar 59. Untuk contoh: peti 50 kg ditarik sepanjang lantai.

Usaha merupakan transfer energi dari pelaku usaha melalui gaya ke benda yang menerima usaha. Sedangkan energi merupakan kemampuan untuk melakukan usaha. Dan transfer energi merupakan perpindahan energi dari suatu sistem ke sistem yang lain. Jadi transfer energi berarti perpindahan energi dari pelaku usaha melalui gaya ke benda yang menerima usaha sehingga terjadi perpindahan posisi pada benda yang menerima usaha. Karena dalam fisika usaha erat hubungannya dengan gaya yang menyebabkan benda berpindah. Usaha dilakukan pada suatu benda oleh sebuah gaya hanya bila titik tangkap

gaya itu bergerak melewati suatu jarak dan ada komponen gaya sepanjang lintasan geraknya. Secara matematis ditulis:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$W = Fs \cos \theta$$

dengan F merupakan komponen gaya konstan yang searah dengan perpindahan, s adalah perpindahan, $\theta = \angle(F,s)$ dan W adalah usaha yang dilakukan pada benda.

Jadi jika:

- $s = 0$ maka $W = F(0) \cos \theta = 0$

Hal ini berarti pelaku usaha tidak melakukan usaha pada benda walaupun sudah memberikan gaya pada benda itu, karena tidak terjadi perpindahan pada benda tersebut. Contohnya jika kita mendorong tembok yang kokoh tetapi tidak terjadi perpindahan pada tembok tersebut dikatakan kita tidak melakukan usaha walaupun kita memberikan gaya dengan mendorong tembok dan merasa lelah karena mengeluarkan energi.

- $\theta = 0^\circ$ maka $\cos \theta = 1$ sehingga $W = Fs$

Hal ini berarti pelaku usaha memberikan gaya pada benda searah dengan arah perpindahannya. Jadi pelaku usaha dikatakan melakukan usaha karena terjadi perpindahan pada benda tersebut. Contohnya jika kita mendorong meja dan terjadi perpindahan dan perubahan posisi pada meja tersebut atau jika kuda menarik gerobak.

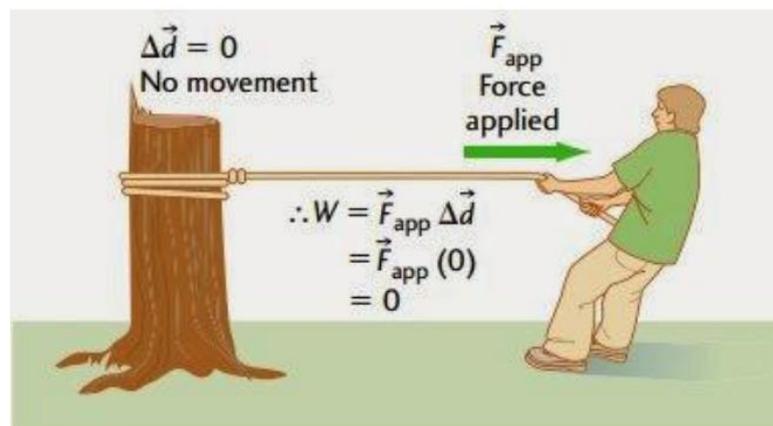
- $\theta = 90^\circ$ maka $\cos \theta = 0$ sehingga $W = Fs(0) = 0$

Hal ini berarti pelaku usaha tidak melakukan usaha pada benda walaupun sudah memberikan gaya pada benda tersebut dan ada perpindahan sepanjang lintasan geraknya. Hal ini disebabkan gaya yang diberikan pada benda arahnya vertikal akibat benda yang diangkat ke atas sehingga gayanya tegak lurus dengan arah perpindahannya. Contohnya jika kita mengangkat buku dan memindahkannya dari suatu tempat ke tempat yang lain, ada gaya yang diberikan pada buku dan

Modul Belajar Mandiri

terjadi perpindahan serta perubahan posisi pada buku tersebut tetapi dikatakan kita tidak melakukan usaha karena gayanya tegak lurus dengan perpindahannya dan sebagai akibat dari hasil dot product antara F dan s .

- $\theta = 180^\circ$ maka $\cos \theta = -1$ sehingga $W = -Fs$

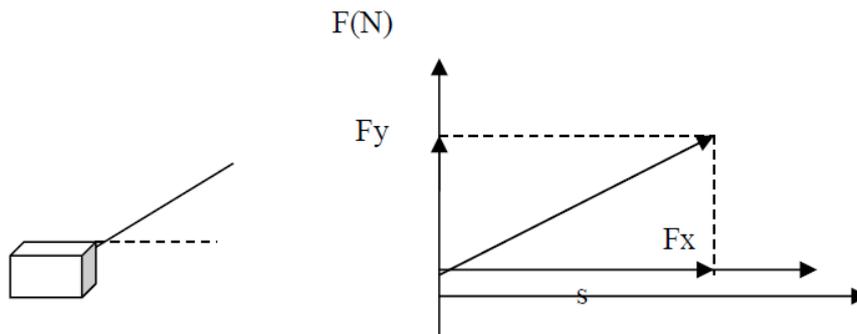


Gambar 60. Usaha bernilai nol

Hal ini berarti usaha yang dilakukan dari berasal dari benda ke pelaku usaha. Contohnya jika kita mendorong benda ke atas bidang miring sedangkan benda itu sendiri bergerak ke bawah sehingga gaya yang diberikan berlawanan arah dengan arah perpindahan benda.

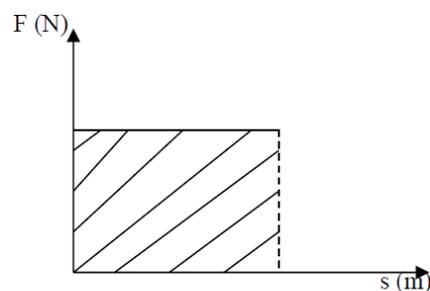
- $0^\circ < \theta < 90^\circ$ maka $\cos \theta > 0$ sehingga $W > Fs$

Hal ini berarti jika gaya yang diberikan oleh pelaku usaha tidak searah dengan arah perpindahan benda, maka komponen gaya yang berpengaruh hanya yang searah dengan arah perpindahan bendanya.



2) Menghitung Usaha dari Grafik

Jika terdapat grafik hubungan antara gaya dan perpindahan, maka usaha yang dilakukan oleh pelaku usaha melalui gaya sama dengan luas daerah dibawah grafik gaya terhadap perpindahannya (grafik $F - s$).



$W = \text{luas daerah dibawah grafik } F - s$

Jika luas arsir terdapat di atas sumbu s maka usaha bernilai positif, dan jika berada dibawah sumbu s maka usaha bernilai negatif karena titik acuannya berada di pusat koordinat.

3) Usaha oleh berbagai gaya

Usaha termasuk besaran skalar, sehingga usaha yang dilakukan oleh berbagai gaya pada suatu benda identik dengan jumlah aljabar usaha yang dilakukan oleh tiap-tiap gaya. Jika usaha yang dilakukan oleh gaya F_1 adalah W_1 , oleh gaya F_2 adalah W_2 , oleh gaya F_3 adalah W_3 . Secara matematis dapat ditulis :

$$W_{\text{tot}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

c. Pengertian Energi

Mobil-mobilan elektrik tidak dapat berjalan tanpa adanya baterai. Baterai adalah sumber energi. Kendaraan bermotor tidak akan berjalan tanpa ada bahan bakar.

Bahan bakar adalah sumber energi. Jika sakelar di rumah dimatikan, alat-alat listrik yang terhubung dengan sakelar tersebut tidak akan menyala. Hal itu terjadi karena tidak ada aliran energi yang menghidupkan alat-alat tersebut.

Manusia membutuhkan energi untuk bekerja, bergerak, bernapas, dan mengerjakan banyak hal lainnya. Energi menyebabkan mobil dan motor dapat berjalan. Pesawat terbang dapat terbang karena adanya energi. Begitu juga kereta api dapat berjalan cepat karena adanya energi. Energi menyalakan peralatan listrik di rumah. Energi ada di mana-mana, bahkan, tumbuhan dan hewan membutuhkan energi untuk tumbuh dan berkembang. Dengan demikian, untuk melakukan usaha, diperlukan energi. Energi terdapat dalam berbagai bentuk. Kerja kehidupan bergantung pada kemampuan organisme mengubah energi dari suatu bentuk ke bentuk lainnya.

“Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (kerja) atau melakukan suatu perubahan.”

Joule adalah satuan SI untuk energi, diambil dari jumlah yang diberikan pada suatu objek (melalui kerja mekanik) dengan memindahkannya sejauh 1 meter dengan gaya 1 newton. Simulasi sederhana untuk bisa merasakan besarnya energi sebesar 4,5 Joule yang mengenai tubuh kita, dapat dilakukan dengan menjatuhkan bola sepakbola 0,45 Kg setinggi 1 meter mengenai kaki kita. Asumsi percepatan gravitasi 10 m.s^{-2} .

Beberapa bentuk energi antara lain:

- Energi potensial
- Energi kinetik
- Energi kimia
- Energi listrik
- Dan lain-lain

Energi *potensial elastisitas*, ialah energi yang tersimpan pada benda yang sedang diregangkan (misalnya, pada karet katapel dan busur panah) atau

ditekan (misalnya, pada per). Makin jauh peregangan dan penekanannya, makin besar energinya. Lihat Gambar 23!



Gambar 61. Seseorang sedang memanah
Sumber: <https://st4.depositphotos.com/>

Ada berbagai macam energi potensial, antara lain energi potensial gravitasi (EP). Energi potensial gravitasi bumi, yaitu energi yang dimiliki suatu benda karena terletak di atas permukaan bumi. Maka semakin tinggi letak suatu benda di atas permukaan bumi, makin besar energi potensial gravitasinya.

Setiap materi yang berpindah atau bergerak memiliki bentuk energi yang disebut energi kinetik atau energi gerak. Objek bergerak melakukan kerja dengan cara menggerakkan benda lain. Pemain biliar menggerakkan tongkat biliar untuk mendorong bola. Selanjutnya, bola yang bergerak akan menggerakkan bola-bola lain. Air yang mengalir melalui suatu bendungan akan menggerakkan turbin. Ketika Anda naik sepeda, kontraksi otot kaki akan mendorong pedal sepeda. Jadi, energi kinetik dapat disimpulkan sebagai berikut.

“Energi kinetik adalah bentuk energi ketika suatu materi berpindah atau bergerak”

Bentuk energi lainnya adalah energi kimia. *Energi kimia* ialah energi yang terkandung dalam suatu zat (Lihat Gambar 1.7!). Misalnya, makanan memiliki



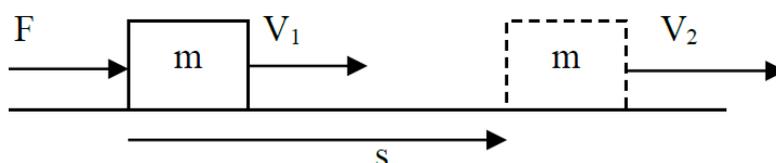
Gambar 62. Energi kimia terkandung dalam makanan
Sumber: <http://lailatulfitri27.blogspot.co.id>

energi kimia, sehingga orang yang makan akan memiliki energi untuk beraktivitas. Tiap bahan makanan menghasilkan energi yang berbeda-beda saat dicerna di dalam tubuh. Contoh energi kimia lainnya adalah bensin yang mengandung energi kimia, sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan mesin.

Energi listrik ialah energi yang dimiliki muatan listrik dan arus listrik. Energi ini paling banyak digunakan karena mudah diubah menjadi energi lainnya. Energi listrik relatif mudah untuk bisa bersiklus kembali ke energi semula.

1) Usaha dan perubahan energi kinetik

Kita tinjau sebuah benda bermassa m yang sedang bergerak pada suatu garis lurus yang arahnya horizontal dengan kelajuan awal v_1 . Sebuah gaya konstan F yang searah dengan arah gerak benda dikerjakan pada benda. Benda berpindah sejauh s dan kelajuannya menjadi v_2 .



Maka usaha yang dikerjakan pada benda yaitu:

Berdasarkan persamaan GLBB

$v_t = v_o + at$ karena $v_t = v_2$ dan $v_o = v_1$ maka persamaan kecepatan menjadi

$$v_2 = v_1 + at. \text{ Percepatan benda menjadi } a = \frac{v_2 - v_1}{t}.$$

$$\text{Persamaan gerak benda } S = v_o t + \frac{1}{2} at^2 = v_1 t + \frac{1}{2} \left(\frac{v_2 - v_1}{t} \right) t^2$$

$$\text{Disederhanakan menjadi } S = \frac{1}{2} (v_2 + v_1) t$$

Maka Usaha yang dikerjakan benda adalah $\Delta W = F \Delta S$

$$\Delta W = (ma) \Delta S$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} m \left(\frac{v_2 - v_1}{t} \right) (v_2 + v_1) t$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

Satuan usaha (W) adalah Joule yang merupakan besaran energi, maka ruas sebelah kananpun harus merupakan energi. Energi ini adalah energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak yang disebut dengan energi kinetik, yaitu $EK = \frac{1}{2} m v^2$ sehingga:

$$\Delta W = EK_2 - EK_1 = \Delta EK$$

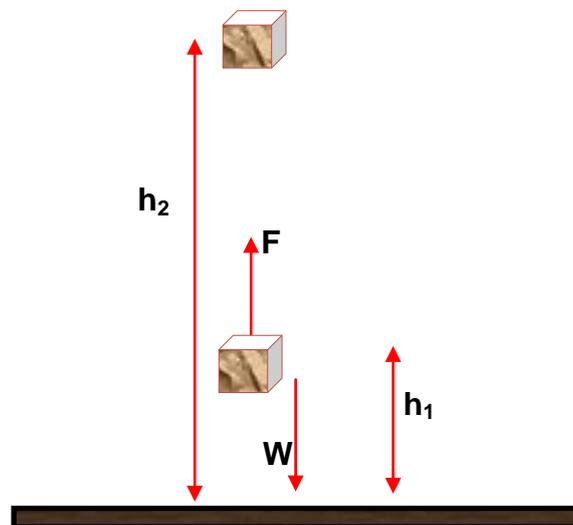
Persamaan tersebut dapat dinyatakan sebagai usaha yang dilakukan oleh resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan perubahan energi kinetik benda itu. Dikenal dengan *Teorema Usaha-Energi Kinetik*. Hanya berlaku jika W adalah usaha total yang dilakukan oleh setiap gaya yang bekerja pada benda.

Jika usaha positif, W bekerja pada suatu benda, energi kinetik bertambah sejumlah W. Sebaliknya jika usaha negatif, benda melakukan usaha W, energi kinetik berkurang sejumlah W. Gaya dorong yang searah perpindahan

menghasilkan usaha positif, karena itu energi kinetik benda bertambah sebesar usaha yang dilakukan oleh gaya dorong. Sebaliknya, gaya pengereman yang berlawanan arah dengan perpindahan menghasilkan usaha negatif, karena itu energi kinetik benda berkurang sebesar usaha yang dilakukan oleh gaya pengereman ini.

2) Usaha dan perubahan energi potensial

Sebuah benda diangkat dengan gaya luar dari ketinggian h_1 ke ketinggian h_2 sehingga terangkat dengan laju konstan dan besar gaya luar sama dengan gaya beratnya seperti pada gambar berikut:



Gambar 63. Posisi benda yang ditarik ke atas oleh sebuah Gaya

Maka

$$\Delta W = F \cdot \Delta S$$

$$\Delta W = (-mg) (h_2 - h_1)$$

$$\Delta W = mg (h_1 - h_2)$$

$$\Delta W = mgh_1 - mgh_2$$

Karena ruas kiri merupakan besaran energi maka ruas kanan pun merupakan energi. Energi ini merupakan energi yang dimiliki benda karena kedudukannya yang dinamakan dengan energi potensial yang besarnya $EP = mgh$ sehingga

$$\Delta W = EP_1 - EP_2 = - \Delta EP$$

Persamaan tersebut dapat dinyatakan sebagai usaha yang dilakukan oleh resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan perubahan energi potensial benda itu. Dikenal dengan *Teorema Usaha-Energi Potensial*.

Jadi energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena kedudukannya atau energi yang tersimpan yang dihubungkan dengan konfigurasi sistem, misalnya jarak pisah antara benda dengan bumi. Energi potensial suatu benda selalu diukur terhadap bidang acuan atau titik acuan tertentu. Energi potensial bidang acuan biasanya

3) Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Jika gaya konservatif adalah satu-satunya gaya yang melakukan kerja pada sebuah sistem, maka usaha yang dilakukan oleh gaya sama dengan pengurangan energi potensial dan penambahan energi kinetik sistem sehingga

$$W = -\Delta EP = \Delta EK$$
$$\Delta EP + \Delta EK = 0$$

Jumlah EK dan EP sistem dinamakan energi mekanik sistem

$$EM = EK + EP$$

Jadi jika hanya gaya-gaya konservatif yang melakukan usaha, perubahan energi mekanik total adalah nol yang dikenal dengan *Hukum Kekekalan Energi Mekanik*, yaitu:

$$EM = EK + EP = \text{Konstan}$$

Atau jika kita mensubstitusikan persamaan (*) dan (**) maka akan diperoleh:

$$EP_1 - EP_2 = EK_2 - EK_1$$
$$EP_1 + EK_1 = EP_2 + EK_2$$
$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$
$$EM_1 = EM_2$$

Gaya konservatif yang bekerja adalah gaya berat pada benda tidak ada gaya luar, maka berlaku $EM_1 = EM_2$ atau EM konstan. Pernyataan tersebut dikenal

dengan Hukum Kekekalan Energi Mekanik, yang berbunyi: “Pada sistem yang terisolasi (pada sistem ini hanya bekerja gaya berat dan tidak ada gaya luar yang bekerja) selalu berlaku energi mekanik total sistem konstan.”

Penerapan hukum kekekalan energi pada bidang miring



Gambar 64. Benda menggelinding di bidang miring

Dari gambar di atas dapat kita analisis bahwa.

Pada Posisi 1 sebelum menggelinding:

Ketinggian benda adalah $h_1 = h_{\max}$, sehingga Energi Potensial (EP) benda bernilai maksimal (EP_{\max}). $EP = mgh_{\max}$, Sedangkan nilai kecepatan benda adalah nol, sehingga nilai Energi Kinetik benda nol.

Pada Posisi 2 sesaat Ketika saat diujung bidang miring:

Ketinggian benda adalah $h_2 = 0$, sehingga Energi Potensial (EP) benda bernilai 0. Sedangkan nilai kecepatan benda adalah maksimum, sehingga nilai Energi Kinetik benda adalah

$$Ek = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$$

Dengan menggunakan hukum kekekalan energi mekanik, dapat diperoleh nilai kecepatan benda sesaat sampai di ujung bidang miring, yaitu:

$$EM_1 = EM_2$$

$$EP_1 + EK_1 = EP_2 + EK_2$$

$$mgh_1 + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv_2^2, \text{ coret nilai m dari kedua ruas}$$

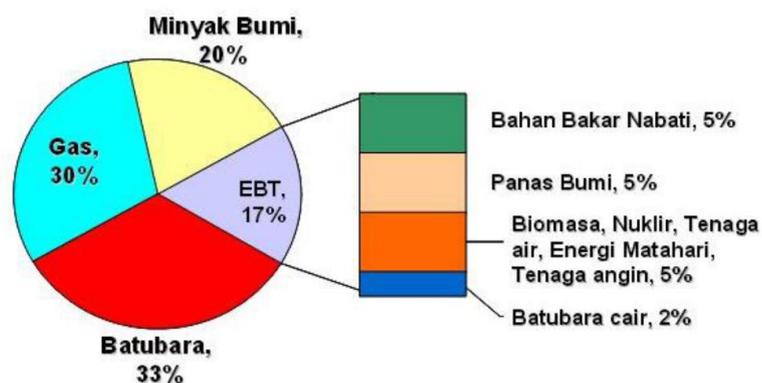
$$v_2^2 = 2gh_1$$

$$v_2 = \sqrt{2gh_1}$$

d. Sumber Energi

Sumber energi adalah segala sesuatu yang menghasilkan energi. Panasmatahari yang digunakan untuk memanaskan air adalah sumber energi. Begitu juga spiritus yang digunakan sebagai bahan bakar adalah sumber energi. Listrik dan arang yang dibakar untuk memanaskan setrika merupakan sumber energi juga.

Energi memegang peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Semua aktivitas kehidupan manusia memerlukan energi. Pada zaman prasejarah sampai awal zaman sejarah, hanya kayu dan batu yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk keperluan hidup manusia. Sampai saat ini, bahan bakar minyak bumi dan gas digunakan untuk berbagai keperluan hidup manusia. Gambar 1.15 merupakan persentase berbagai sumber energi yang paling banyak digunakan untuk kehidupan manusia di Indonesia.



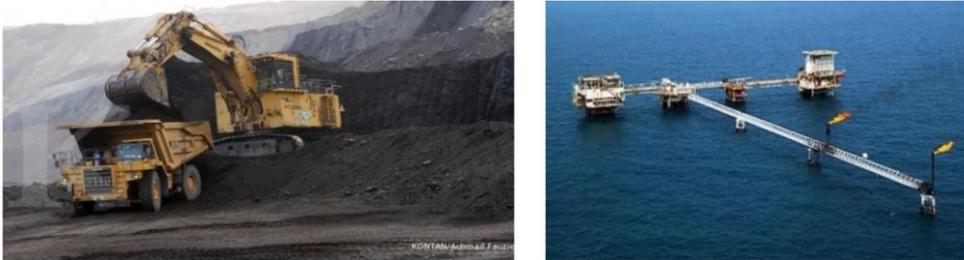
Gambar 65. Komposisi Sumber energi yang digunakan di Indonesia

1) Sumber Energi Tak Terbarukan

Energi tak terbarukan yang paling banyak dimanfaatkan adalah minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Ketiganya digunakan dalam kehidupan sehari-hari, yaitu pada industri, untuk pembangkit listrik, maupun transportasi. Berdasarkan hasil perhitungan para ahli, minyak bumi akan habis 30 tahun lagi, sedangkan gas alam akan habis 47 tahun lagi, dan batu bara akan habis 193 tahun lagi.

2) Energi Hasil Tambang Bumi

Minyak bumi, gas, dan batu bara merupakan bahan bakar fosil yang berasal dari tumbuhan dan hewan-hewan yang terkubur jutaan tahun di dalam bumi. Untuk mendapatkan minyak bumi, dilakukan penambangan atau eksploitasi ke dalam perut bumi.



Gambar 66. Beberapa contoh penambangan hasil bumi
Sumber: tribunnews.com, republika.co.id

a) Energi Nuklir

Energi nuklir adalah energi potensial yang terdapat pada partikel di dalam nukleus atom. Partikel nuklir, seperti proton dan neutron, tidak terpecah di dalam proses reaksi fisi dan fusi. Akan tetapi, kumpulan tersebut memiliki massa yang lebih rendah daripada ketika berada dalam posisi terpisah. Adanya perbedaan massa ini maka dibebaskan dalam bentuk energi panas melalui radiasi nuklir (Lihat Gambar 29).

3) Sumber Energi Terbarukan

Ancaman bahwa sumber energi suatu saat akan habis menyebabkan banyak



Gambar 67. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
Sumber : Greeners.co

ilmuwan berusaha menemukan energi alternatif yang terbarukan atau tidak akan habis dipakai. Sumber energi terbarukan yang saat ini mulai dikembangkan adalah biogas dari kotoran ternak, air mengalir, angin, dan panas matahari. Salah satu sumber energi terbarukan yang saat ini mulai dipelajari agar dapat dikembangkan di Indonesia adalah biogas yang berasal dari sampah biologis.

a) Energi Matahari

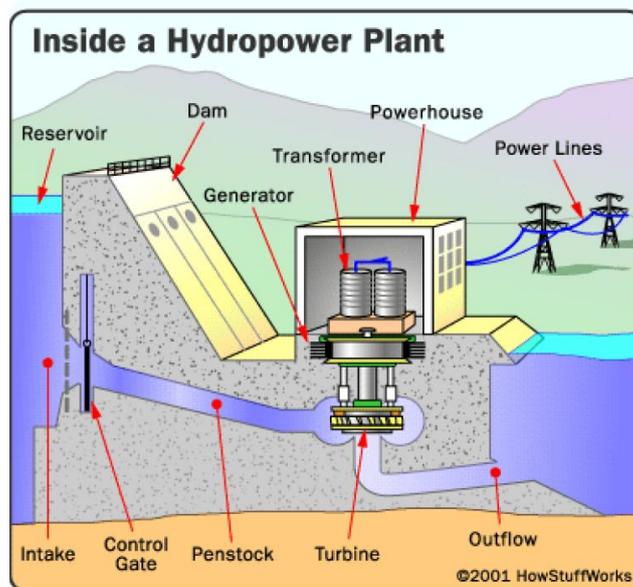
Energi surya atau energi matahari adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi energi dalam bentuk lain. Lihat Gambar 30! Matahari merupakan sumber utama energi. Energi matahari dapat digunakan secara langsung maupun diubah ke bentuk energi lain.

b) Pembangkit Listrik Tenaga Air



Gambar 68. Energi matahari ditangkap pada panel-panel solar sel untuk diubah menjadi energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan ini disebut hidroelektrik.



Gambar 69. Prinsip kerja PLTA di bendungan
Sumber: asharemore.blogspot.com

Komponen pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh energi kinetik dari air, lihat Gambar 31! Namun, secara luas pembangkit listrik tenaga air tidak hanya terbatas pada air dari sebuah waduk atau air terjun, melainkan juga pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dalam bentuk lain seperti tenaga ombak.

c) Energi Angin

Energi angin memanfaatkan tenaga angin dengan menggunakan kincir angin untuk diubah menjadi energi listrik atau bentuk energi lainnya, lihat Gambar 32! Umumnya, digunakan dalam ladang angin dalam skala besar untuk menyediakan listrik di lokasi yang terisolir.

d) Energi Tidal

Energi tidal merupakan energi yang memanfaatkan pasang surutnya air yang sering disebut juga sebagai energi pasang surut. Jika dibandingkan dengan energi angin dan energi matahari, energi tidal memiliki sejumlah keunggulan.

Gambar 70. Kincir angin ini mengubah energi kinetik angin untuk memutar generator listrik

Keunggulan tersebut antara lain memiliki aliran energi yang lebih pasti/mudah diprediksi, lebih hemat ruang, dan tidak membutuhkan teknologi konversi yang rumit. Kelemahan energi ini adalah membutuhkan alat konversi yang Andal yang mampu bertahan dengan kondisi lingkungan laut yang keras karena tingginya tingkat korosi dan kuatnya arus laut, Lihat Gambar 32!



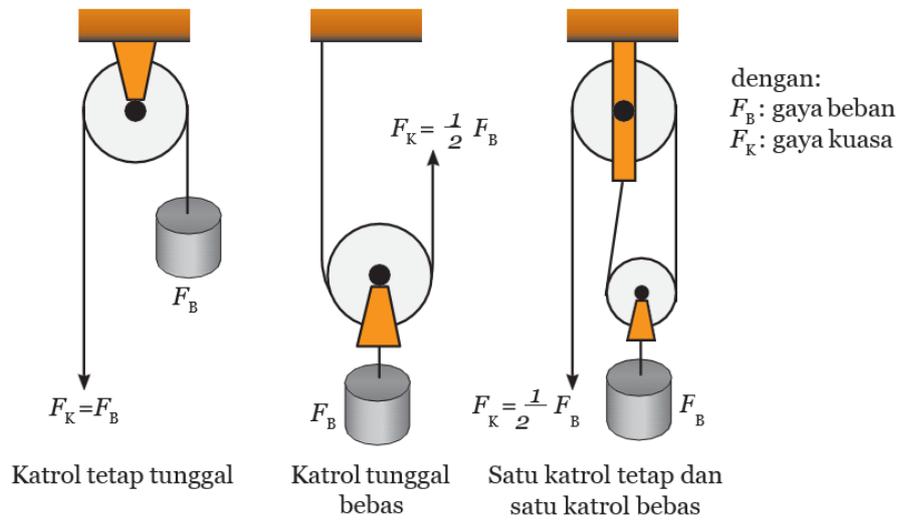
Gambar 71. Prinsip kerja pembangkit listrik dari energi tidal
Sumber: id.pinterest.com

5. Pesawat Sederhana

Pada saat kita melakukan aktivitas, kita selalu berupaya agar dapat melakukan usaha dengan mudah. Oleh karena itu, kita menggunakan alat bantu (pesawat sederhana) untuk membantu melakukan aktivitas. Pesawat sederhana digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Berikut ini akan dibahas beberapa jenis pesawat sederhana yang ada di sekitar Anda. Selain itu, akan dijelaskan pula keuntungan mekanis dari penggunaan pesawat sederhana.

Jenis – jenis Pesawat Sederhana

a. Katrol



Gambar 72. Beberapa jenis katrol tetap

Fungsi katrol salah satunya adalah untuk mengubah arah gaya, keuntungan katrol mekanis tetap sama dengan 1. Karena pada katrol tetap tunggal, gaya kuasa yang digunakan untuk menarik beban sama dengan gaya beban. Berbeda dengan katrol tetap, kedudukan katrol bebas berubah dan tidak dipasang di tempat tertentu.

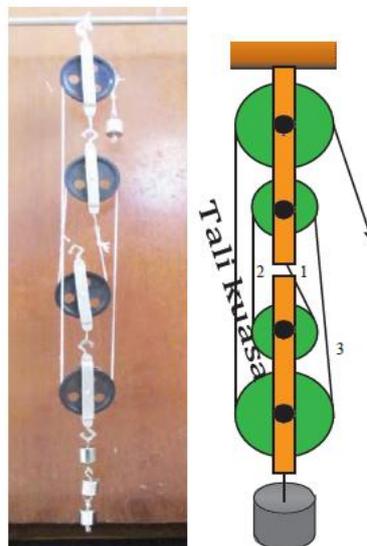
Katrol bebas berfungsi untuk melipatkan gaya, sehingga gaya pada kuasa yang diberikan untuk mengangkat benda menjadi lebih kecil daripada gaya beban. Katrol jenis ini biasanya ditemukan di pelabuhan yang digunakan untuk mengangkat peti kemas. Keuntungan mekanis dari katrol bebas lebih besar dari 1. Pada kenyataannya nilai keuntungan mekanis dari katrol bebas tunggal adalah 2. Hal ini berarti bahwa gaya kuasa 1 N akan mengangkat beban 2 N.

Agar gaya kuasa yang diberikan pada benda semakin kecil, maka diperlukan katrol majemuk. Katrol majemuk merupakan gabungan dari katrol tetap dan katrol bebas yang dirangkai menjadi satu sistem yang terpadu. Katrol majemuk biasa digunakan dalam bidang industri untuk mengangkat benda-benda yang berat. Keuntungan mekanis dari katrol majemuk sama dengan jumlah tali yang menyokong berat beban. Misalnya seperti pada Gambar 34, gaya kuasa pada katrol majemuk tersebut adalah 4, karena jumlah tali yang mengangkat beban ada 4 (tali kuasa tidak diperhitungkan).

Keuntungan mekanis (KM) adalah bilangan yang menunjukkan berapa kali pesawat sederhana menggandakan gaya. Dapatkah kamu menghitungnya? Caranya dengan menghitung besar perbandingan gaya beban dengan gaya kuasa yang diberikan pada benda. Berikut adalah persamaan matematisnya:

$$KM = \frac{\text{Gaya Beban}}{\text{Gaya Kuasa}} = \frac{F_B}{F_K}$$

Tidak semua pesawat sederhana dapat menggandakan gaya. Contohnya adalah katrol tetap tunggal. Katrol ini hanya berfungsi untuk mengubah arah gaya. Oleh karena itu, pada katrol tetap tunggal hanya memiliki keuntungan mekanis sebesar 1. Hal ini disebabkan besarnya gaya kuasa sama dengan gaya beban.



Gambar 73. Katrol Majemuk

b. Roda Berporos



Gambar 74. Contoh Roda Berporos: Roda Gigi pada sepeda motor

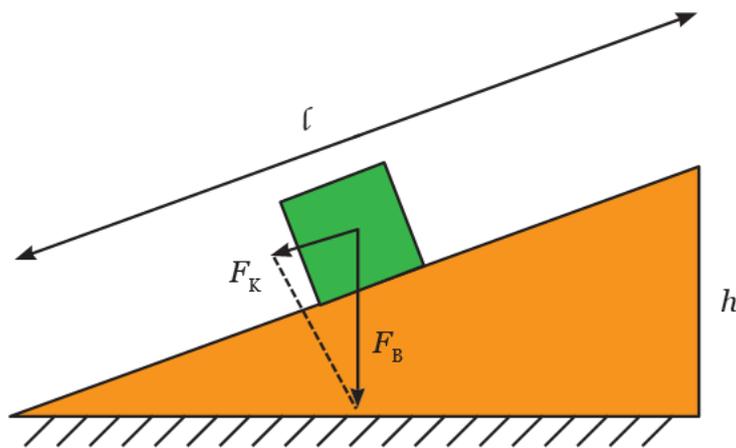
Roda gigi berfungsi sebagai pusat pengatur gerak roda sepeda yang terhubung langsung dengan roda sepeda, sedangkan roda sepeda menerapkan prinsip roda berporos untuk mempercepat gaya saat melakukan perjalanan. Gambar 34 menunjukkan roda gigi pada sepeda motor sebagai contoh roda berporos. Selain roda sepeda, contoh penerapan pesawat sederhana jenis roda berporos adalah pada kursi roda, mobil, dan sepatu roda

c. Bidang Miring



Gambar 75. Contoh bidang miring: sekrup

Bidang miring merupakan bidang datar yang diletakkan miring atau membentuk sudut tertentu sehingga dapat memperkecil gaya kuasa.



Gambar 76. Contoh bidang miring

Contoh penerapan bidang miring adalah tangga, sekrup, dan pisau. Keuntungan mekanis bidang miring dapat dihitung sebagai berikut.

$$KM_{\text{Bidang miring}} = \frac{l}{h}$$

Keterangan:

KM = Keuntungan mekanis

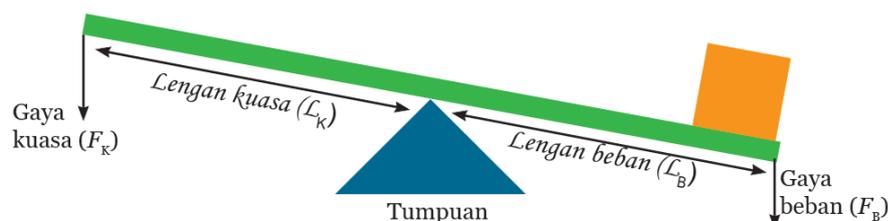
l = Panjang bidang miring [m]

h = Tinggi bidang miring [m]

d. Pengungkit

Pengungkit merupakan salah satu jenis pesawat sederhana yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Contoh alat-alat yang merupakan pengungkit antara lain gunting, linggis, jungkat-jungkit, pembuka botol, pemecah biji kenari, sekop, koper, pinset, dan sebagainya.

Pengungkit dapat memudahkan usaha dengan cara menggandakan gaya kuasa dan mengubah arah gaya. Agar kita dapat mengetahui besar gaya yang dilipatgandakan oleh pengungkit maka kita harus menghitung keuntungan mekanisnya. Cara menghitung keuntungan mekanisnya adalah dengan membagi panjang lengan kuasa dengan panjang lengan beban. Panjang lengan kuasa adalah jarak dari tumpuan sampai titik bekerjanya gaya kuasa. Panjang lengan beban adalah jarak dari tumpuan sampai dengan titik bekerjanya gaya beban



Gambar 77. Contoh Konsep Pengungkit

Syarat kesetimbangan tuas adalah

$$F_B \times L_B = F_K \times L_K$$

Keuntungan mekanis (KM) pengungkit adalah:

$$KM = \frac{F_B}{F_K} = \frac{L_K}{L_B}$$

Keterangan:

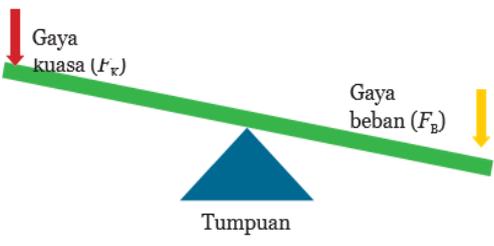
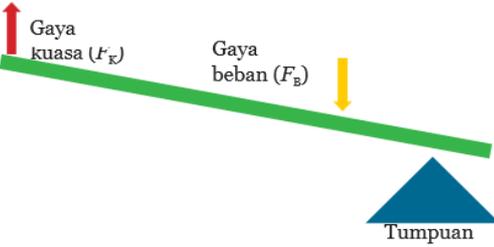
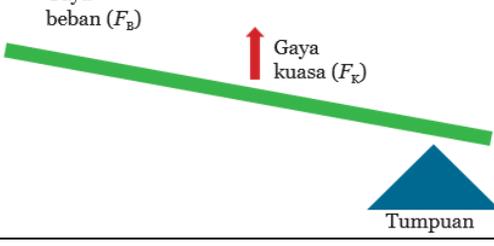
KM = keuntungan mekanis

F_B = gaya beban [N]

F_K = gaya kuasa [N]

L_K = lengan kuasa

Tabel 6. menunjukkan berbagai jenis pengungkit yang dikelompokkan berdasarkan variasi letak titik tumpu, lengan kuasa, dan lengan beban.

Jenis Pengungkit	Penerapan dalam kehidupan keseharian	Konsep Pengungkit
Jenis Pertama		
Jenis Kedua		
Jenis Ketiga		

6. Suhu dan Kalor

a. Suhu

Apa yang anda pikirkan dari dua gambar pada Gambar 38? Seandainya anda berada dekat di tempat tersebut apa yang anda rasakan? Kehangatan tentunya akan anda rasakan manakala dekat dengan api unggun, namun hawa dingin akan anda alami saat anda diterpa badai salju. Ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu benda dalam kehidupan sehari-hari kita menamakannya dengan “suhu/temperatur”.



Gambar 78. Kalor pada api unggun dan musim salju

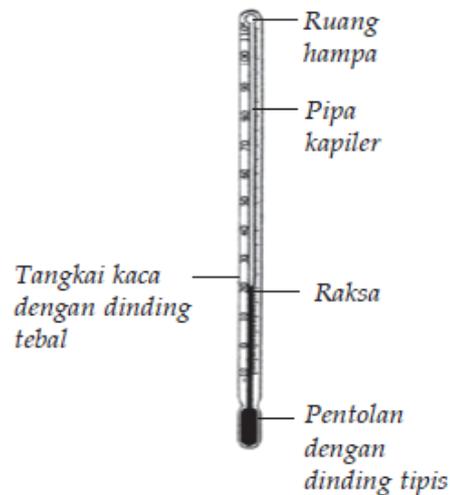
Sumber: samanthamartin.files.wordpress)

Suhu suatu benda dapat kita rasakan dengan anggota tubuh kita, terutama telapak tangan kita. Syaraf yang berada di telapak tangan kita merasakan suhu benda dan diteruskan ke otak kita sehingga kita bisa menyatakan panas atau dingin benda tersebut. Namun demikian telapak tangan kita tidak dapat dijadikan alat ukur dari suhu suatu benda.

b. Alat Pengukur Suhu

Alat yang dirancang untuk mengukur temperatur/suhu disebut *termometer*. Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat-sifat materi akibat perubahan suhu. Sebagian besar termometer umum bergantung pada pemuaian materi terhadap naiknya suhu. Termometer pertama kali dibuat oleh Galileo dengan memanfaatkan pemuaian gas. Perkembangan berikutnya termometer

dibuat oleh Accademia del Cimento dengan memanfaatkan alkohol sebagai pengisinya.



Gambar 79. Bagian-bagian pada termometer.

Termometer bekerja menggunakan bahan yang bersifat **termometrik**. Artinya, sifat-sifat benda tersebut dapat berubah jika ada perubahan suhu. Berdasarkan sifat ini, terdapat beberapa jenis termometer, yaitu:

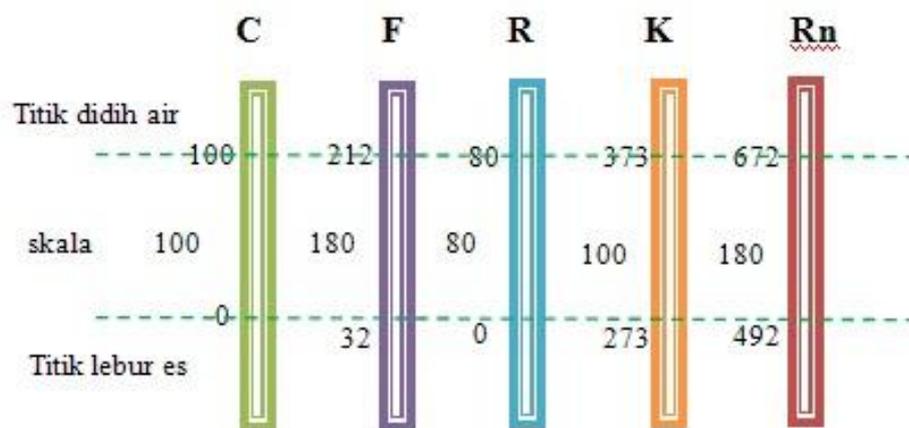
- 1) Termometer zat cair yang bekerja berdasarkan pemuaian zat cair yang dipanaskan.
Zat cair yang sering digunakan adalah alkohol, raksa, dan kristal cair. Raksa dan alkohol punya kelebihan dan kekurangan masing-masing. Titik beku raksa pada -39°C dan mendidih pada 360° , sehingga raksa cocok untuk mengukur suhu tinggi. Untuk suhu-suhu yang lebih rendah dapat dipakai alkohol (Titik beku -114°C) dan pentana (Titik beku -200°C) sebagai zat cairnya.
- 2) Termometer bimetal yang bekerja berdasarkan pemuaian 2 logam yang dipanaskan.
- 3) Termometer hambatan yang bekerja berdasarkan bertambahnya hambatan listrik ketika kawat logamnya dipanaskan, sehingga akan terjadi pulsa-pulsa listrik yang menunjukkan suhu yang diukur.

- 4) Termokopel yang prinsipnya terjadi pemuaian dua logam karena ujungnya disentuhkan. Akibatnya timbullah gaya gerak listrik (GGL) dan inilah yang akan menunjukkan suhu suatu benda
- 5) Pyrometer, merupakan alat ukur untuk suhu yang tinggi (5000 C - 3.0000 C). Alat ini bekerja berdasarkan intensitas radiasi yang dipancarkan oleh benda panas. Contohnya Termogun untuk industri.

c. Penentuan Skala Suhu

Saat melakukan pengukuran suhu dengan suatu termometer, kita memerlukan acuan. Acuan ini ada didasarkan pada skala termometer. Skala ini mempunyai dua acuan, yakni titik didih dan titik beku air. Titik didih air dijadikan titik acuan atas sedangkan titik beku air dijadikan titik acuan bawah. Kemudian, diantara keduanya dibagi dalam beberapa skala kecil

Perhatikan Gambar 40 di bawah ini. Terdapat empat skala yang digunakan dalam pengukuran suhu, yaitu skala Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Dimana Rn adalah termometer lain yang akan dicari perbandingan skalanya



Gambar 80. Diagram Kalibrasi skala thermometer

Perbandingan skala = C : F : R : K : Rn

$$= 100 : 180 : 80 : 100 : 180$$

$$= 5 : 9 : 4 : 5 : 9$$

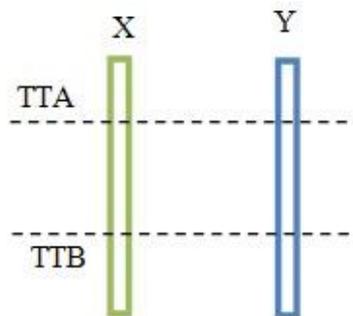
Sehingga untuk perubahan skala dari Celcius menjadi Reamur atau menjadi skala thermometer lainnya sebagai berikut.

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{R}{80} = \frac{K - 273}{100} = \frac{R_n - 492}{180} \dots\dots\dots (2.1)$$

atau

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R}{4} = \frac{K - 273}{5} = \frac{R_n - 492}{9} \dots\dots (2.2)$$

Berdasarkan perbandingan ini, kita dapat melakukan penyetaraan diantara keempat skala tersebut. Langkah penyetaraan ini dapat kita pelajari pada Gambar 41 di bawah ini.



Gambar 81. Perbandingan skala 2 termometer

Satuan skala Kelvin juga disepakati sebagai standar satuan suhu. Suhu yang dinyatakan dengan skala Kelvin disebut *suhu mutlak* yang dilambangkan dengan T. Perubahan dua termometer mengikuti aturan perbandingan sebagai berikut:

$$\frac{X - TTb_x}{TTA_x - TTb_x} = \frac{Y - TTb_y}{TTA_y - TTb_y} \dots\dots\dots (2.3)$$

d. Kalor

Sifat termal zat ialah bahwa setiap zat yang menerima ataupun melepaskan kalor, maka zat tersebut akan mengalami :

- Perubahan suhu / temperatur / derajat panas.
- Perubahan panjang ataupun perubahan volume zat tersebut.
- Perubahan wujud.

Bagaimana dengan kalor itu sendiri? Ilmuwan yang pertama kali menyelidiki kalor sebagai energi adalah Robert Mayer kemudian diteruskan oleh James Prescott Joule. Untuk mengabadikan jasanya, satuan kalor adalah Joule. Satuan lainnya adalah kalori atau kal. 1 Kalori menyatakan banyaknya kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 Kg air bersuhu 15° C sehingga suhunya naik sebesar 1 derajat Celcius. Kalor merupakan sebuah energi yang berpindah dari suatu benda ke benda yang lainnya karena adanya perbedaan suhu/temperatur. Setiap ada perbedaan suhu antara dua sistem, maka akan terjadi perpindahan kalor. Kalor mengalir dari sistem bersuhu tinggi ke sistem yang bersuhu lebih rendah. Apa sajakah pengaruh kalor terhadap suatu sistem atau benda?

Kalor Dapat Mengubah Suhu Benda

Satu gelas air panas jika dicampur dengan satu gelas air dingin, setelah beberapa saat akan menjadi air hangat. Air panas akan melepaskan sebagian kalornya sehingga suhunya turun dan air dingin akan menerima kalor sehingga suhunya naik. Perpindahan kalor dari air panas ke air dingin menyebabkan suhu air menjadi berubah. Berdasarkan fakta eksperimen semakin besar kalor yang diberikan semakin besar pula kenaikan suhunya. Semakin besar massa benda semakin banyak kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhunya. Berdasarkan fakta tersebut dapat dituliskan dalam persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

- | | | |
|----|---|---|
| Q | = | Kalor yang diperlukan untuk mengubah temperatur suatu benda [kalori atau Joule] |
| m | = | Massa benda [Kg] |
| c | = | Kalor jenis benda [Joule.Kg ⁻¹ .°C ⁻¹] |
| ΔT | = | Perubahan temperatur [°C ⁻¹] |

Dimana c adalah karakteristik dari zat tersebut yang dikenal sebagai kalor jenis. Sampai batas tertentu nilai c bergantung pada temperatur, tetapi untuk temperatur yang tidak terlalu besar, c seringkali dianggap konstan. Semakin besar nilai kalor jenis suatu zat, semakin banyak kalor yang dibutuhkan untuk

menaikkan/menurunkan suhu (dalam °C) zat tersebut per 1 Kg nya. Selain kalor jenis, karakteristik suatu zat juga ditunjukkan oleh Kapasitas Kalor zat tersebut. Kapasitas Kalor (C) merupakan banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu benda sebesar 1°C atau 1°K.

..... (2.5) $C = \frac{Q}{\Delta T}$ atau $C = m \cdot c$

Keterangan:

- C = Kapasitas kalor yang diperlukan untuk mengubah temperatur suatu benda [kalori.°C⁻¹ atau Joule. °C⁻¹]
- m = Massa benda [Kg]
- c = Kalor jenis benda [Joule.Kg⁻¹.°C⁻¹]
- ΔT = Perubahan temperatur [°C⁻¹]

Tabel 7. Kalor Jenis (c) Beberapa Zat (pada tekanan 1 atm dan suhu 20oC, kecuali dinyatakan spesifikasinya)

Zat	Kalor Jenis (c)		Zat	Kalor Jenis (c)	
	kkal/Kg. °C	J/Kg. °C		kkal/Kg. °C	J/Kg. °C
Alumunium	0,22	900	Alkohol	0,58	2400
Tembaga	0,093	390	Raksa	0,033	140
Kaca	0,20	840	Air Es (-5 °C)	0,5	2100
Besi/Baja	0,11	450	Air (15 °C)	1,00	4186
Timah hitam	0,031	130	Uap air (110 °C)	0,48	2010
Marmer	0,21	860	Tubuh manusia (rata-rata)	0,83	3470
Perak	0,056	230			
Kayu	0,4	1700	Protein	0,4	1700

Gas	P konstan	V konstan	Gas	P konstan	V konstan
Uap (100°C)	0,482	0,350	CO ₂	0,199	0,153
Oksigen	0,218	0,155	Nitrogen	0,248	0,177
Helium	1,15	0,75			

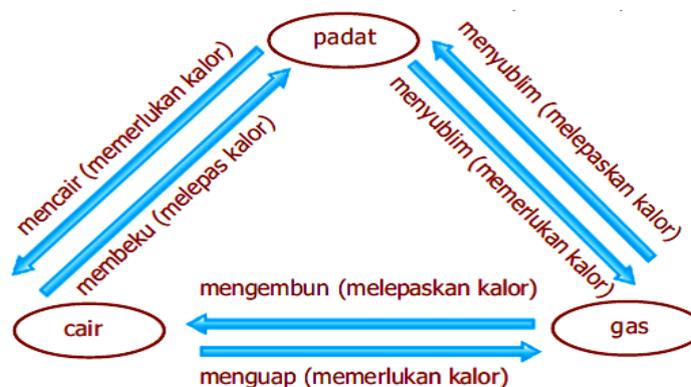
Tabel 8. Kalor Jenis Gas (kkal/Kg.oC) pada tekanan (P) & volume (V) konstan

Kalor Dapat Mengubah Wujud Zat

Kalor yang diberikan pada zat dapat mengubah wujud zat tersebut. Perubahan wujud yang terjadi ditunjukkan oleh Gambar di bawah ini. Ada 3 wujud benda di bawah ini dimana setiap perubahannya dibutuhkan kalor, baik untuk diserap ataupun dilepas. Kalor yang diperlukan atau dilepaskan persatuan massa pada saat terjadinya perubahan fase atau wujud disebut kalor laten.

$$L = \frac{Q}{m} \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana: L = kalor laten [J/Kg]
Q = Kalor yang diserap atau dilepas [J]
m = massa benda [Kg]



Gambar 82. Diagram perubahan wujud zat di pengaruhi kalor

Tabel 9. Kalor Laten beberapa zat pada tekanan 1 atm

Zat	Titik lebur (°C)	Kalor Lebur		Titik didih °C	Kalor Penguapan	
		kcal/Kg	J/Kg		kcal/Kg	J/Kg
Oksigen	-218,8	3,3	$0,14 \cdot 10^5$	-183	51	$2,1 \cdot 10^5$
Nitrogen	-210,0	6,1	$0,26 \cdot 10^5$	-195,8	48	$2,00 \cdot 10^5$
Ethyl alkohol	-114	25	$1,04 \cdot 10^5$	78	204	$8,5 \cdot 10^5$
Amonia	-77,8	8,0	$0,33 \cdot 10^5$	-33,4	33	$1,37 \cdot 10^5$
Air	0	79,7	$3,33 \cdot 10^5$	100	539	$22,6 \cdot 10^5$
Timah hitam	327	5,9	$0,25 \cdot 10^5$	1750	208	$8,7 \cdot 10^5$
Perak	961	21	$0,88 \cdot 10^5$	2193	558	$23 \cdot 10^5$
Besi	1808	69,1	$2,89 \cdot 10^5$	3023	1520	$63,4 \cdot 10^5$
Tungsten	3410	44	$1,84 \cdot 10^5$	5900	1150	$48 \cdot 10^5$

e. Asas Black dan Perubahan Wujud Zat

Asas Black merupakan bentuk lain dari Hukum Kekekalan Energi. Asas Black dapat terjadi secara ideal dengan catatan kedua benda yang berinteraksi, terisolasi dengan baik, sehingga **“Jumlah kalor yang dilepas sama dengan jumlah kalor yang diterima”**.

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta T_1 = m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta T_2$$

dimana $\Delta T_1 = T - T_{\text{akhir}}$ dan $\Delta T_2 = T_{\text{akhir}} - T$ sehingga didapatkan persamaan:

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (T_1 - T_c) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_c - T_2) \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

- Keterangan: m_1 = massa benda 1 yang suhunya tinggi [Kg]
 m_2 = massa benda 2 yang suhunya rendah [Kg]
 c_1 = kalor jenis benda 1 [J/Kg°C]
 c_2 = kalor jenis benda 2 [J/Kg°C]
 T_1 = suhu mula-mula benda 1 [°C atau K]
 T_2 = suhu mula-mula benda 2 [°C atau K]
 T_c = suhu akhir atau suhu campuran [°C atau K]

Berdasarkan persamaan di atas dengan menggunakan kalorimeter, nilai kalor jenis suatu benda dapat dihitung jika kalor jenis benda yang lain telah diketahui.

f. Pemuaian Zat

Ketika benda dipanaskan, atom-atom dalam benda tersebut bergerak semakin cepat. Akibatnya molekul-molekul benda bergerak saling menjauh, sehingga volume benda semakin membesar. Peristiwa bertambahnya volume akibat adanya kalor mengenai benda, dikenal dengan pemuaian. Secara fakta ketika suatu benda dipanaskan, pemuaian yang terjadi adalah ke segala arah, lebih tepatnya pemuaian volume. Namun pada modul ini akan dibahas 3 jenis pemuaian berdasarkan dimensinya.

1) Pemuaian Panjang

Muai panjang didefinisikan sebagai pertambahan panjang benda yang panjangnya satu satuan panjang (m) dengan kenaikan suhu satu satuan suhu. Bilangan yang menunjukkan pertambahan panjang benda per panjang mula-mula per kenaikan suhu disebut koefisien muai panjang (α).

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_o \Delta T}$$

$$\alpha = \frac{l - l_o}{l_o (T - T_o)} \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana: α = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$ atau $/\text{K}$)
 l = panjang benda setelah dipanaskan (m)
 l_0 = panjang benda sebelum dipanaskan (m)
 T = suhu setelah dipanaskan ($^{\circ}\text{C}$ atau K)
 T_0 = suhu sebelum dipanaskan ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

Panjang benda setelah dipanaskan berdasarkan persamaan di atas adalah

$$l = l_0(1 + \alpha \cdot \Delta T) \dots \dots \dots (2.9)$$

2) Pemuaian Luas

Secara matematis luas adalah panjang x panjang, sehingga koefisien muai luas (β) didefinisikan 2α . Analogi dengan persamaan muai panjang maka persamaan muai luas, didefinisikan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{\Delta A}{\Delta T A_0} \text{ atau } \beta = \frac{A - A_0}{A_0 (T - T_0)} \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana: A = Luas benda setelah dipanaskan (m^2)
 A_0 = Luas benda sebelum dipanaskan (m^2)
 β = koefisien muai luas ($^{\circ}\text{C}$ atau $/\text{K}$)
 T = suhu benda setelah dipanaskan ($^{\circ}\text{C}$ atau K)
 T_0 = suhu benda sebelum dipanaskan ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

Luas benda setelah dipanaskan berdasarkan persamaan di atas adalah

$$A = A_0(1 + \beta \cdot \Delta T) \dots \dots \dots (2.11)$$

3) Pemuaian Volume

Secara matematis volume adalah Luas x panjang, sehingga koefisien muai volume (γ) didefinisikan 3α . Analogi dengan persamaan muai panjang maka persamaan muai volume, yaitu:

$$\gamma = \frac{\Delta V}{\Delta T V_0} \text{ atau } \gamma = \frac{V - V_0}{V_0 (T - T_0)} \dots \dots \dots (2.12)$$

- Dimana
- :V = Volume benda setelah dipanaskan (m³)
 - V₀ = Volume benda sebelum dipanaskan (m³)
 - γ = koefisien muai Volume (°C atau /K)
 - T = suhu benda setelah dipanaskan (oC atau K)
 - T₀ = suhu benda sebelum dipanaskan (°C atau K)

Volume benda setelah dipanaskan berdasarkan persamaan di atas adalah

$$V = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta T) \dots \dots \dots (2.13)$$

Pemuaian volume pada gas mengikuti kaidah berdasarkan ketentuan bahwa koefisien muai pada semua gas adalah $\frac{1}{273 K}$ atau $\gamma = \frac{1}{273 K}$ sehingga persamaan muai volume gas menjadi:

$$V = V_0(1 + \frac{1}{273K} \Delta T)$$

$$\dots \dots \dots (2.14)$$

g. Perpindahan Kalor

Kalor dalam kehidupan sehari-hari bisa berpindah dari satu benda ke benda yang lain, dalam perpindahannya kalor dapat melalui beberapa cara, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

1) Hantaran (Konduksi)

Konduksi merupakan proses perpindahan kalor melalui zat perantara tanpa disertai perpindahan molekul zat. Contoh konkretnya adalah ketika kita mencelupkan sendok logam ke air panas setelah beberapa saat kita merasakan bahwa sendok ikut menjadi panas. Panasnya sendok tersebut tanpa disertai berpindahannya molekul air ke ujung sendok. Pada peristiwa tersebut sendok tergolong bahan yang mudah menghantarkan kalor dengan baik. Bahan seperti ini kita kenal sebagai konduktor. Kebalikannya bahan yang susah menghantarkan kalor dengan baik kita kenal dengan isolator.

Peristiwa konduksi dapat diakibatkan oleh migrasi elektron dan getaran atom disekitar posisi setimbangnya. Saat sebuah logam dipanaskan maka elektron-elektron di bagian yang dipanaskan bergetar/bergerak lebih kencang sehingga energi kinetiknya naik. Akibatnya elektron berpindah ke bagian yang memiliki energi kinetik lebih rendah (bagian benda yang lebih dingin). Perpindahan tersebut menyebabkan tumbukan elektron sehingga elektron yang berenergi rendah naik energinya menjadi tinggi, hal ini direpresentasikan dengan kenaikan suhu bagian benda yang awalnya dingin. Perpindahan elektron yang berenergi tinggi berlangsung terus sampai semua bagian benda terimbas energinya yang ditandai dengan meratanya suhu dari benda tersebut. Peristiwa konduksi akibat migrasi elektron hanya terjadi pada logam yang punya elektron bebas.

Peristiwa konduksi berikutnya dapat terjadi pada zat padat selain logam, dimana perambatan kalornya melalui getaran atom pada bagian yang dipanaskan. Saat atom-atom di lokasi pemanasan bergetar lebih kencang akan mengakibatkan atom-atom disekitarnya ikut bergetar lebih kencang dari sebelumnya. Getaran kencang atom tetangga ini diikuti oleh tetangga yang lebih jauh. Begitu seterusnya sehingga terjadi perpindahan getaran atom. Pada akhirnya semua atom dalam zat bergetar lebih kencang. Hal ini merepresentasikan fenomena perambatan kalor dimana tidak ada atom yang berpindah hanya getaran atom yang lebih kencang saja yang berpindah.

Perpindahan kalor dari suatu bahan ke bahan yang lain dapat dihitung kelajuannya dengan menggunakan persamaan:

$$\dots\dots (2.15) \quad H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{atau} \quad H = k \cdot A \frac{\Delta T}{l} \quad \text{atau} \quad H = k \cdot A \frac{T_2 - T_1}{l}$$

Keterangan :

H = laju hantaran kalor (J/s)

ΔQ = jumlah aliran kalor (J)

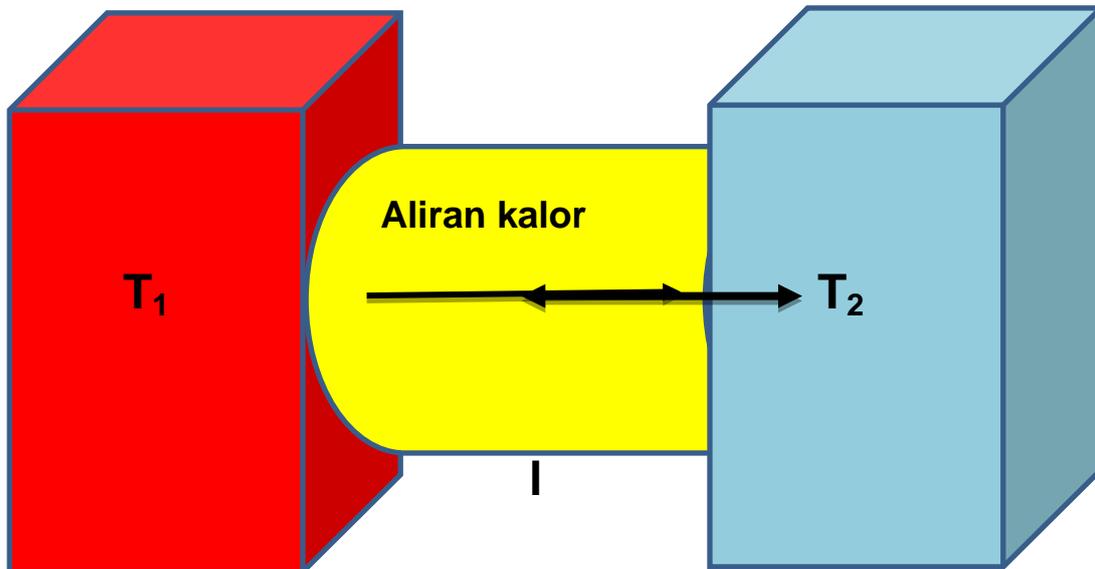
Δt = selang waktu (s)

k = konduktivitas termal (J/s.m^oC)

A = Luas penampang benda (m²)

ΔT = Perbedaan suhu kedua ujung benda yang dialiri kalor (°C)

l = Jarak kedua ujung benda atau tebal benda (m)



Gambar 83. Aliran kalor pada 2 bahan yang berbeda

Konduktivitas termal (k) pada persamaan di atas merupakan karakteristik zat/bahan tersebut. Bagaimana halnya dengan bahan isolator? Karakteristik termal pada isolator biasa dinyatakan sebagai resistensi termal (R), dimana R adalah:

$$R = \frac{l}{k} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

l = panjang isolator (m)

k = konduktivitas termal ($J/s.m^{\circ}C$)

Tabel 10. Konduktivitas termal beberapa bahan

No.	Bahan	Konduktivitas termal (k) [J/s.m°C]	
		kcal/s.m.°C	J/s.m.°C
1	Perak	$10 \cdot 10^{-2}$	420
2	Tembaga	$9,2 \cdot 10^{-2}$	380
3	Aluminium	$5 \cdot 10^{-2}$	200
4	Baja	$1,1 \cdot 10^{-2}$	40
5	Es	$5 \cdot 10^{-4}$	2
6	Gelas (biasa)	$2 \cdot 10^{-4}$	0,84
7	Batu bata dan beton	$2 \cdot 10^{-4}$	0,84
8	Air	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,56
9	Jaringan tubuh manusia (tidak termasuk darah)	$0,5 \cdot 10^{-4}$	0,2
10	Kayu	$0,2 - 0,4 \cdot 10^{-4}$	0,08 - 0,16
11	Isolator fiberglass	$0,12 \cdot 10^{-4}$	0,048
12	Gabus dan serat kaca	$0,1 \cdot 10^{-4}$	0,042
13	Wol	$0,1 \cdot 10^{-4}$	0,040
14	Bulu angsa	$0,06 \cdot 10^{-4}$	0,025
15	Busa polyurethane	$0,06 \cdot 10^{-4}$	0,024
16	Udara	$0,055 \cdot 10^{-4}$	0,023

2) Aliran (Konveksi)

Zat cair dan gas umumnya bukan merupakan penghantar kalor yang sangat baik, akan tetapi dapat menghantarkan kalor cukup cepat dengan konveksi. **Konveksi** adalah proses perpindahan panas (kalor) melalui suatu zat yang disertai dengan perpindahan molekul-molekul zat. Konveksi dibagi menjadi dua jenis, yakni konveksi alamiah dan konveksi paksa. **Konveksi Alamiah** pada fluida terjadi karena adanya perbedaan massa jenis. Contoh sederhana adalah peristiwa mendidihnya air. Cobalah perhatikan air yang sedang mendidih. Ketika air akan mendidih, tampak gelembung-gelembung dari dasar panci atau wadah

bergerak keatas. Peristiwa ini terjadi karena air bagian bawah yang mendapatkan panas terlebih dahulu mempunyai massa jenis yang lebih kecil daripada air di bagian atas. Akibatnya, molekul air yang suhunya panas bergerak keatas digantikan dengan air yang bersuhu lebih dingin. Kejadian ini terjaditerus menerus sehingga semua air di dalam wadah mendidih. Contoh konveksi alamiah lainnya adalah asap yang bergerak ke atas.

Ketika kita membakar sesuatu, udara panas di dekat api akan memuai sehingga massa jenisnya menjadi kecil. Sementara, udara dingin yang berada di sekitar api menekan udara panas ke atas. Akibatnya, terjadi arus konveksi udara pada udara dan asap bergerak ke atas. Sementara itu, **konveksi paksa** terjadi saat fluida yang dipanasi langsung diarahkan ke tujuannya oleh sebuah peniup atau pompa. Contohnya dapat dilihat pada sistem pendingin mobil. Pada sistem pendingin mobil ini air dideraskan melalui pipa-pipa dengan bantuan pompa air. Contoh konveksi paksa lainnya adalah pengering rambut. Kipas dalam pengering rambut menarik udara di sekitarnya. Kemudian, meniupkan udara tersebut melalui elemen pemanas sehingga menghasilkan arus konveksi paksa. Apabila suatu benda atau zat bersuhu tinggi memindahkan kalor ke fluida di sekitarnya secara konveksi, maka **laju aliran kalornya** sebanding dengan luas permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida dan sebanding dengan perbedaan suhu antara benda atau zat dan fluida. Laju aliran kalor secara konveksi dapat dihitung dengan rumus:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = h \cdot A \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.17)$$

- Dimana:
- ΔQ = jumlah kalor yang mengalir (J atau kal)
 - h = koefisien konveksi (J/s.m.°C atau J/s.m.K)
 - A = luas penampang benda (m²)
 - ΔT = perbedaan suhu antara benda dengan fluida (°C)

Koefisien konveksi berhubungan dengan bentuk dan posisi permukaan yang bersentuhan dengan fluida.

3) Pancaran (Radiasi)

Pernahkah Anda berpikir, bagaimana panas matahari sampai ke bumi? Anda ketahui bahwa di antara matahari dan bumi terdapat lapisan atmosfer yang sulit menghantarkan panas secara konduksi maupun konveksi. Selain itu, di antara matahari dan bumi juga terdapat ruang hampa yang tidak memungkinkan terjadinya perpindahan kalor. Dengan demikian, perpindahan kalor dari matahari sampai ke bumi tidak memerlukan perantara. Perpindahan kalor yang tidak memerlukan zat perantara (medium) disebut *radiasi*. Setiap benda mengeluarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Laju radiasi dari permukaan suatu benda berbanding lurus dengan luas penampang, berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya, dan tergantung sifat permukaan benda tersebut. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$H = A \cdot e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana: H = laju radiasi (J/s atau Watt)

A = luas penampang benda (m^2)

T = suhu mutlak (K)

e = emisitas bahan ($0 < e \leq 1$)

σ = tetapan Stefan-Boltzmann ($5,6705119 \times 10^{-8} \text{ W/mK}^4$)

Emisivitas merupakan karakteristik suatu benda yang bergantung pada jenis zat dan permukaannya. Permukaan yang hitam, seperti arang mempunyai emisivitas yang mendekati 1, yang berarti dapat memancarkan dan menyerap radiasi sangat baik. Sementara, permukaan yang mengkilat mempunyai emisivitas yang mendekati 0 yang menunjukkan benda kurang baik dalam memancarkan dan menyerap radiasi.

Suatu benda yang memancarkan radiasi ke lingkungan dapat kita ukur kecepatan total aliran kalor radiasinya menggunakan persamaan:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = e \cdot \sigma \cdot A (T_1^4 - T_2^4) \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana : T_1 = suhu benda (K)

T_2 = suhu lingkungan di sekitar (K)

Radiasi banyak dimanfaatkan dalam keseharian, misalnya api unggun, pendinginan rumah, pengeringan padi, dan sebagainya. Sementara, padabidang teknologi radiasi dimanfaatkan untuk termos guna mencegah perpindahan kalor, efek rumah kaca, pemanggang (*oven*), dan lain-lain.

D. Rangkuman

1. Gerak adalah perubahan posisi atau kedudukan terhadap suatu titik acuan tertentu.
2. Perpindahan menurut Bresnick adalah garis lurus terpendek yang menghubungkan titik awal dan titik akhir, tanpa mempedulikan lintasannya. Selisih kedudukan akhir dan kedudukan awal disebut dengan perpindahan.
3. Jarak adalah seluruh lintasan yang ditempuh benda yang sedang bergerak.
4. Percepatan adalah perubahan kecepatan suatu benda dalam selang waktu tertentu. Percepatan bernilai + bila benda kecepataannya meningkat dalam selang waktu tertentu, dan bernilai – bila kecepataannya menurun dalam selang waktu tertentu.
5. Gaya adalah tarikan atau dorongan. Gaya dapat mengubah bentuk, arah, dan kecepatan benda.
6. Tekanan secara matematis dirumuskan dengan perbandingan gaya tekan/dorong terhadap luas permukaan bidang tekannya.
7. Usaha adalah Usaha yang dilakukan pada sebuah benda oleh gaya tetap, F , (baik besar maupun arahnya) didefinisikan sebagai hasil kali besar perpindahan, s , dengan komponen gaya yang sejajar dengan perpindahan itu. Usaha dapat disebut juga sebagai energi yang dibutuhkan untuk membuat benda berpindah kedudukannya.

8. Energi tidak dapat dimusnahkan, namun dapat berubah bentuk dari satu energi ke energi yang lain.
9. Energi terbarukan adalah sumber energi yang selalu tersedia setiap saat.
10. Pesawat Sederhana adalah sebuah perangkat yang berfungsi memudahkan/meringankan kita dalam melakukan usaha.
11. Suhu adalah ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu benda dalam kehidupan sehari-hari.
12. Kalor tidak lain adalah energi. Energi yang dibutuhkan untuk membuat benda berubah suhu/temperaturnya.