

Bab 4: Gerak, Gaya, dan Energi dalam Kehidupan Sehari-hari

Pada bab sebelumnya, kita belajar bahwa matematika dalam fisika bukan musuh, melainkan bahasa untuk menyimpan pola. Sekarang kita akan memakai bahasa itu sedikit demi sedikit untuk membicarakan dunia yang paling akrab: benda jatuh, kursi didorong, air panas, panci diangkat, motor berjalan, dan kain yang dijemur.

Bab ini penting karena sebelum kita memahami mekanika kuantum, kita perlu memahami terlebih dahulu mekanika klasik.

Mekanika klasik adalah cabang fisika yang mempelajari gerak benda sehari-hari: bola, meja, mobil, batu, air, planet, dan banyak benda besar lain. Kata “klasik” di sini bukan berarti kuno dalam arti tidak berguna. Justru mekanika klasik adalah salah satu pencapaian terbesar dalam sejarah ilmu. Hukum-hukum gerak yang dirumuskan Isaac Newton pada abad ke-17 masih sangat berhasil untuk menjelaskan gerak benda besar dengan kecepatan jauh lebih kecil daripada kecepatan cahaya [Newton, 1999; Halliday, Resnick, & Walker, 2018].

Namun nanti, ketika kita masuk ke dunia atom dan elektron, kita akan melihat bahwa hukum klasik saja tidak cukup. Karena itu, bab ini seperti mengenal lantai rumah sebelum naik ke lantai berikutnya. Kita perlu tahu apa yang sudah berhasil dijelaskan oleh fisika biasa, agar kelak kita bisa melihat dengan jelas bagian mana yang memerlukan mekanika kuantum.

Mari mulai dari sesuatu yang sangat sederhana.

Jika Anda menjatuhkan sendok dari meja, sendok bergerak ke bawah.

Pertanyaannya: bagaimana fisika membicarakan kejadian sesederhana itu?

Gerak: Ketika Letak Benda Berubah

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering berkata, “Benda itu bergerak.” Tetapi dalam fisika, kita perlu bertanya lebih teliti:

Bergerak dibandingkan dengan apa?

Sebuah gelas di atas meja tampak diam. Tetapi sebenarnya gelas itu ikut bergerak bersama Bumi yang berputar. Bumi juga bergerak mengelilingi Matahari. Matahari juga bergerak dalam galaksi. Jadi “diam” dan “bergerak” selalu bergantung pada sudut pandang atau acuan.

Dalam fisika, acuan ini disebut kerangka acuan.

Kerangka acuan adalah tempat atau sudut pandang yang kita gunakan untuk menyatakan posisi dan gerak benda. Misalnya, jika Anda duduk di dalam mobil yang berjalan pelan, tas di pangkuan Anda tampak diam menurut Anda. Tetapi menurut orang yang berdiri di pinggir jalan, tas itu bergerak bersama mobil.

Jadi gerak bukan sekadar “benda berubah tempat”, tetapi lebih tepatnya:

Gerak adalah perubahan posisi benda terhadap suatu kerangka acuan.

Posisi berarti letak suatu benda. Dalam contoh rumah tangga, posisi bisa berarti “sendok berada di atas meja”, “panci berada di kompor”, atau “anak berada dua meter dari pintu”.

Untuk membicarakan gerak, kita membutuhkan dua hal dasar:

1. Posisi — di mana benda berada.
2. Waktu — kapan benda berada di sana.

Misalnya:

- Pukul 07.00, bola berada di depan pintu.
- Pukul 07.01, bola berada di halaman.
- Berarti bola telah bergerak.

Fisika menyukai pertanyaan semacam ini karena bisa diukur. Kita bisa memakai meteran untuk posisi dan jam untuk waktu.

Jarak dan Perpindahan: Mirip, tetapi Tidak Sama

Sekarang bayangkan Anda berjalan dari dapur ke ruang tamu, lalu kembali lagi ke dapur.

Anda jelas sudah berjalan. Kaki Anda lelah. Tetapi posisi akhir Anda sama dengan posisi awal: dapur.

Di sini kita perlu membedakan dua istilah:

Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh. Perpindahan adalah perubahan posisi dari titik awal ke titik akhir.

Contoh sederhana:

Anda berjalan dari dapur ke ruang tamu sejauh 5 meter, lalu kembali lagi ke dapur sejauh 5 meter.

- Jarak yang Anda tempuh = 5 meter + 5 meter = 10 meter.
- Perpindahan Anda = 0 meter, karena Anda kembali ke tempat semula.

Jarak selalu memperhatikan seluruh jalan yang dilalui. Perpindahan hanya melihat posisi awal dan posisi akhir.

Perbedaan ini tampak kecil, tetapi penting. Dalam fisika, banyak hal tidak hanya tergantung pada “seberapa jauh”, tetapi juga “ke arah mana”.

Kecepatan: Seberapa Cepat Posisi Berubah

Sekarang kita masuk ke istilah yang sangat sering dipakai: kecepatan.

Dalam bahasa sehari-hari, kita berkata:

- Motor itu cepat.
- Anak itu berlari pelan.
- Air mengalir deras.

Dalam fisika, gagasan ini dibuat lebih jelas.

Secara sederhana:

Kecepatan menyatakan seberapa jauh benda bergerak dalam waktu tertentu.

Rumus dasarnya:

$$\text{kecepatan} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$$

Misalnya, seseorang berjalan sejauh 100 meter dalam 50 detik.

Kecepatannya:

$$\frac{100 \text{ meter}}{50 \text{ detik}} = 2 \text{ meter per detik}$$

Artinya, rata-rata setiap detik orang itu menempuh 2 meter.

Satuan “meter per detik” sering ditulis sebagai:

$$\text{m/s}$$

Dalam kehidupan sehari-hari, kita juga sering memakai kilometer per jam, misalnya 40 km/jam atau 60 km/jam. Itu juga satuan kecepatan.

Tetapi fisika membedakan dua istilah yang dalam bahasa sehari-hari sering tercampur:

- Kelajuan: seberapa cepat benda bergerak, tanpa memperhatikan arah.
- Kecepatan: seberapa cepat benda bergerak beserta arahnya.

Jika mobil bergerak 40 km/jam ke timur, itu kecepatan. Jika hanya dikatakan 40 km/jam, itu kelajuan.

Dalam banyak percakapan sehari-hari, tidak masalah jika kita memakai kata “kecepatan” secara umum. Tetapi saat belajar fisika, arah bisa menjadi penting.

Contoh:

Dua sepeda sama-sama bergerak 10 km/jam. Satu ke utara, satu ke selatan. Kelajuannya sama, tetapi kecepatannya berbeda karena arahnya berbeda.

Percepatan: Ketika Kecepatan Berubah

Sekarang bayangkan Anda naik ojek atau mobil. Saat kendaraan mulai berjalan dari keadaan diam, tubuh Anda terasa sedikit tertarik ke belakang. Saat kendaraan mengerem, tubuh Anda terdorong ke depan.

Mengapa?

Karena kecepatan kendaraan berubah.

Percepatan adalah perubahan kecepatan dalam waktu tertentu.

Percepatan tidak selalu berarti “semakin cepat”. Dalam fisika, percepatan berarti kecepatan berubah. Perubahan itu bisa berupa:

- makin cepat,
- makin lambat,
- atau berubah arah.

Contoh:

1. Motor dari diam lalu berjalan semakin cepat. Itu mengalami percepatan.
2. Mobil direm sampai berhenti. Itu juga mengalami percepatan, tetapi kecepatannya berkurang.

3. Sepeda berbelok di tikungan. Walaupun kelajuannya tetap, arahnya berubah, jadi kecepatannya berubah. Itu juga termasuk percepatan.

Dalam mekanika klasik, hubungan antara gaya, massa, dan percepatan menjadi inti hukum gerak Newton [Newton, 1999; Halliday et al., 2018]. Tetapi sebelum masuk ke hukum Newton, kita perlu memahami dulu apa itu gaya.

Gaya: Dorongan atau Tarikan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sangat akrab dengan gaya, meskipun mungkin tidak menyebutnya sebagai istilah fisika.

Saat Anda:

- mendorong kursi,
- menarik laci,
- mengangkat ember,
- menekan spons,
- memeras kain,
- membuka pintu,

Anda sedang memberi gaya.

Gaya adalah dorongan atau tarikan yang dapat mengubah gerak benda atau bentuk benda.

Ada dua akibat umum dari gaya:

1. Gaya dapat mengubah gerak benda.

Misalnya, kursi yang diam bisa bergerak jika didorong.

2. Gaya dapat mengubah bentuk benda.

Misalnya, spons berubah bentuk ketika ditekan.

Gaya memiliki besar dan arah. Artinya, gaya tidak hanya menjawab “seberapa kuat?”, tetapi juga “ke arah mana?”

Jika Anda mendorong meja ke kanan, gaya Anda arahnya ke kanan. Jika orang lain mendorong meja yang sama ke kiri dengan kekuatan sama, meja mungkin tidak bergerak karena kedua gaya saling menyeimbangkan.

Satuan gaya dalam fisika adalah newton, disingkat N, dinamai dari Isaac Newton. Satu newton kira-kira adalah gaya kecil; misalnya gaya berat sebuah apel berukuran sedang sekitar satu newton, tergantung massanya dan tempat pengukurannya [Halliday et al., 2018].

Hukum Newton Pertama: Benda Cenderung Mempertahankan Keadaannya

Sekarang kita masuk ke tiga hukum gerak Newton. Jangan khawatir, kita akan membacanya dengan contoh sehari-hari.

Hukum Newton pertama sering disebut hukum kelembaman.

Kelembaman adalah kecenderungan benda untuk mempertahankan keadaannya: jika sedang diam, benda cenderung tetap diam; jika sedang bergerak lurus dengan kecepatan tetap, benda cenderung terus begitu, kecuali ada gaya total yang mengubahnya.

Kalimat ini mungkin terdengar aneh, karena di rumah kita melihat benda yang bergerak biasanya lama-lama berhenti. Misalnya, bola yang digelindingkan di lantai akhirnya berhenti. Apakah itu berarti hukum Newton salah?

Tidak. Bola berhenti karena ada gaya yang menghambat geraknya, terutama gesekan dengan lantai dan hambatan udara.

Gesekan adalah gaya yang muncul ketika permukaan benda saling bersentuhan dan cenderung menghambat gerak relatif antara permukaan itu. Misalnya, lantai menggesek bola, rem menggesek roda, tangan menggesek kain saat mengucek pakaian.

Jika tidak ada gesekan sama sekali, benda yang sudah bergerak akan terus bergerak lurus dengan kecepatan tetap. Di ruang angkasa, jauh dari gangguan besar, benda dapat terus bergerak sangat lama tanpa perlu “mesin terus mendorongnya”. Gagasan ini merupakan salah satu perubahan besar dari cara berpikir lama menuju mekanika Newton [Newton, 1999].

Contoh rumah tangga:

Ketika mobil tiba-tiba berhenti, tubuh penumpang terdorong ke depan. Sebenarnya tubuh penumpang sedang berusaha mempertahankan gerak maju sebelumnya. Sabuk pengaman memberi gaya yang menahan tubuh agar tidak terus bergerak ke depan. Inilah kelembaman.

Hukum Newton Kedua: Gaya Mengubah Gerak

Hukum Newton kedua menghubungkan tiga hal:

1. Gaya
2. Massa
3. Percepatan

Massa adalah ukuran banyaknya materi dalam suatu benda, dan juga ukuran seberapa sulit benda itu diubah geraknya. Benda bermassa besar lebih sulit dipercepat atau dihentikan daripada benda bermassa kecil.

Contoh:

Lebih mudah mendorong kursi plastik kosong daripada lemari penuh pakaian. Mengapa? Karena lemari memiliki massa lebih besar. Untuk menghasilkan percepatan yang sama, lemari membutuhkan gaya lebih besar.

Secara sederhana, hukum Newton kedua menyatakan:

$$F = ma$$

Artinya:

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

Di sini:

- F adalah gaya,
- m adalah massa,
- a adalah percepatan.

Rumus ini tidak perlu ditakuti. Kita baca pelan-pelan.

Jika massa benda tetap, semakin besar gaya yang diberikan, semakin besar percepatannya. Misalnya, dorongan kuat membuat keranjang belanja bergerak lebih cepat berubah kecepatannya daripada dorongan lemah.

Jika gaya yang diberikan sama, benda bermassa lebih besar mengalami percepatan lebih kecil. Misalnya, dorongan yang sama lebih mudah menggerakkan ember kosong daripada ember penuh air.

Hukum Newton kedua adalah salah satu rumus paling penting dalam fisika klasik dan menjadi dasar untuk menganalisis gerak benda besar, dari bola sampai kendaraan dan planet, selama kondisi relativistik dan kuantum tidak dominan [Halliday et al., 2018].

Hukum Newton Ketiga: Setiap Aksi Ada Reaksi

Hukum Newton ketiga sering diringkas sebagai:

Untuk setiap aksi, ada reaksi yang sama besar dan berlawanan arah.

Namun kalimat ini sering disalahpahami. Maksudnya bukan “kalau kita berbuat baik, nanti dibalas baik” seperti nasihat moral. Ini hukum fisika tentang gaya.

Jika benda A memberi gaya pada benda B, maka benda B memberi gaya pada benda A dengan besar yang sama dan arah berlawanan [Newton, 1999].

Contoh:

Saat Anda mendorong dinding, tangan Anda memberi gaya pada dinding. Pada saat yang sama, dinding memberi gaya balik pada tangan Anda. Karena itu tangan terasa tertekan.

Contoh lain:

Saat berjalan, kaki Anda mendorong lantai ke belakang. Lantai memberi gaya pada kaki Anda ke depan. Gaya dari lantai inilah yang membantu tubuh bergerak maju.

Jika lantai sangat licin, seperti lantai basah atau es, gesekan kecil. Kaki sulit mendorong lantai dengan efektif, sehingga berjalan menjadi sulit.

Contoh di dapur:

Ketika Anda menekan adonan roti, tangan memberi gaya pada adonan. Adonan memberi gaya balik pada tangan. Jika adonan keras, gaya balik terasa lebih besar.

Hukum ketiga ini mengajarkan bahwa gaya selalu muncul sebagai interaksi antara dua benda. Tidak ada gaya yang berdiri sendirian tanpa pasangan interaksi.

Massa dan Berat: Sering Tertukar

Dalam percakapan sehari-hari, kita sering berkata:

> “Berat saya 60 kilogram.”

Dalam fisika, kalimat itu sebenarnya kurang tepat. Kilogram adalah satuan massa, bukan berat.

Mari bedakan.

Massa adalah banyaknya materi dan ukuran kelembaman benda. Satuannya kilogram, disingkat kg.

Berat adalah gaya gravitasi yang menarik benda. Karena berat adalah gaya, satuannya newton.

Di Bumi, benda bermassa 1 kg memiliki berat sekitar 9,8 newton. Angka 9,8 ini berasal dari percepatan gravitasi di dekat permukaan Bumi, sekitar 9,8 m/s² [Halliday et al., 2018].

Rumusnya:

$$W = mg$$

Di sini:

- W adalah berat,
- m adalah massa,
- g adalah percepatan gravitasi.

Contoh:

Jika beras memiliki massa 5 kg, beratnya di Bumi kira-kira:

$$5 \times 9,8 = 49 \text{ newton}$$

Mengapa kita tetap biasa berkata “berat 5 kg”? Karena dalam kehidupan sehari-hari kita berada di Bumi, sehingga massa dan berat terasa seolah-olah sama. Tetapi secara fisika, keduanya berbeda.

Jika Anda membawa beras 5 kg ke Bulan, massanya tetap 5 kg. Tetapi beratnya lebih kecil karena gravitasi Bulan lebih lemah daripada gravitasi Bumi.

Benda Jatuh: Mengapa Selalu ke Bawah?

Sekarang kembali ke sendok yang jatuh dari meja.

Mengapa sendok jatuh ke bawah?

Karena Bumi menarik sendok dengan gaya gravitasi.

Gravitasi adalah gaya tarik antara benda-benda yang memiliki massa. Bumi menarik sendok, dan sendok juga menarik Bumi. Tetapi karena massa Bumi sangat besar, gerakan Bumi akibat tarikan sendok sangat amat kecil sehingga tidak kita sadari.

Di dekat permukaan Bumi, jika hambatan udara dapat diabaikan, semua benda jatuh dengan percepatan yang sama, sekitar $9,8 \text{ m/s}^2$, tidak bergantung pada massanya [Halliday et al., 2018]. Ini sering mengejutkan. Bukankah batu jatuh lebih cepat daripada kertas?

Kertas jatuh lebih lambat bukan karena gravitasinya berbeda secara mendasar, tetapi karena hambatan udara lebih berpengaruh pada kertas. Jika kertas diremas menjadi bola kecil, ia jatuh lebih cepat daripada kertas yang terbuka lebar karena hambatan udara berkurang.

Contoh rumah:

Ambil selembar kertas dan sebuah koin. Jatuhkan bersamaan. Koin sampai lantai lebih dulu. Sekarang remas kertas menjadi bola kecil dan jatuhkan lagi bersama koin. Perbedaannya akan lebih kecil.

Pelajaran pentingnya:

Kadang yang kita lihat sehari-hari adalah hasil campuran beberapa pengaruh sekaligus: gravitasi, hambatan udara, bentuk benda, dan gesekan. Fisika membantu memisahkan pengaruh-pengaruh itu satu per satu.

Gesekan: Gangguan yang Justru Membantu

Gesekan sering dianggap penghambat. Memang, gesekan membuat benda bergerak melambat. Tetapi tanpa gesekan, hidup sehari-hari akan kacau.

Tanpa gesekan:

- kita sulit berjalan,
- kendaraan sulit berhenti,
- paku sulit menancap,
- gelas mudah tergelincir dari tangan,
- kain sulit dicuci dengan cara dikucek.

Gesekan terjadi karena permukaan benda tidak benar-benar halus pada skala kecil. Walaupun meja tampak licin, jika dilihat sangat dekat, permukaannya memiliki tonjolan dan lekukan kecil. Ketika dua permukaan bersentuhan, interaksi mikroskopis di antara permukaan itu menghasilkan gaya yang menghambat gerak relatif [Halliday et al., 2018].

Contoh:

Saat Anda mendorong lemari, mula-mula lemari sulit bergerak. Begitu mulai bergerak, kadang terasa sedikit lebih mudah. Ini karena gesekan saat benda belum bergerak dan saat benda sudah bergerak dapat berbeda.

Dalam fisika, ada:

- gesekan statis, yaitu gesekan yang bekerja saat benda belum bergerak relatif terhadap permukaan;
- gesekan kinetik, yaitu gesekan saat benda sudah meluncur relatif terhadap permukaan.

Contoh sederhana:

Jika kotak berat di lantai belum bergerak, Anda perlu dorongan cukup besar untuk memulainya. Setelah kotak bergerak, dorongan yang diperlukan untuk mempertahankan gerak sering kali lebih kecil.

Gesekan adalah contoh bagus bahwa gaya tidak selalu terlihat. Kita tidak melihat “gesekan” sebagai benda, tetapi kita melihat akibatnya.

Energi: Kemampuan untuk Melakukan Perubahan

Sekarang kita masuk ke kata yang sangat sering dipakai: energi.

Dalam percakapan sehari-hari, kita berkata:

- “Saya tidak punya energi.”
- “Makanan memberi energi.”
- “Listrik mengalirkan energi.”
- “Anak itu energinya banyak sekali.”

Dalam fisika, energi memiliki makna lebih teratur.

Energi adalah besaran yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyebabkan perubahan atau melakukan kerja.

Kata sistem berarti bagian dunia yang sedang kita perhatikan. Misalnya, jika kita membahas air dalam panci, maka sistemnya bisa berupa air itu. Jika kita membahas bola jatuh, sistemnya bisa berupa bola dan Bumi.

Energi bukan benda yang bisa digenggam seperti batu. Energi adalah besaran yang membantu kita menghitung dan memahami perubahan. Salah satu gagasan paling penting dalam fisika adalah bahwa energi dapat berubah bentuk, tetapi dalam sistem tertutup jumlah total energi tetap. Ini disebut kekekalan energi [Feynman, Leighton, & Sands, 1963; Halliday et al., 2018].

Sistem tertutup berarti sistem yang tidak bertukar energi dengan lingkungan luar. Dalam kenyataan sehari-hari, sistem benar-benar tertutup sempurna sulit ditemukan, tetapi gagasan ini sangat berguna.

Contoh:

Saat air dipanaskan di kompor, energi kimia dalam gas berubah menjadi energi panas, lalu berpindah ke panci dan air. Air menjadi lebih panas. Energi tidak muncul dari ketiadaan; ia berpindah dan berubah bentuk.

Energi Kinetik: Energi Karena Gerak

Benda yang bergerak memiliki energi.

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya.

Contoh:

- Bola yang menggelinding bisa menjatuhkan botol plastik.
- Air mengalir bisa memutar kincir.
- Angin kencang bisa menggerakkan daun dan payung.
- Mobil yang bergerak sulit dihentikan mendadak.

Semakin besar massa benda dan semakin cepat benda bergerak, semakin besar energi kinetiknya. Secara matematis, energi kinetik benda bermassa m yang bergerak dengan kelajuan v adalah:

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

Rumus ini mengatakan dua hal penting:

1. Jika massanya lebih besar, energi kinetiknya lebih besar.

2. Jika kecepatannya lebih besar, energi kinetiknya bertambah lebih cepat, karena kecepatan dikuadratkan.

Contoh tanpa hitungan rumit:

Sepeda yang bergerak pelan lebih mudah dihentikan daripada motor yang bergerak cepat. Motor memiliki massa lebih besar dan kelajuan lebih besar, sehingga energi kinetiknya jauh lebih besar.

Inilah alasan mengapa kendaraan cepat berbahaya. Bukan hanya karena “cepat”, tetapi karena energi geraknya besar.

Energi Potensial: Energi Karena Posisi atau Keadaan

Sekarang bayangkan Anda mengangkat panci dari lantai ke meja. Saat panci berada lebih tinggi, ia memiliki energi yang berkaitan dengan posisinya dalam medan gravitasi Bumi.

Energi potensial adalah energi yang tersimpan karena posisi atau keadaan suatu benda.

Untuk benda dekat permukaan Bumi, energi potensial gravitasi sering ditulis:

$$E_p = mgh$$

Di sini:

- m adalah massa,
- g adalah percepatan gravitasi,
- h adalah ketinggian dari acuan tertentu.

Contoh:

Buku di rak tinggi memiliki energi potensial gravitasi lebih besar daripada buku yang sama di lantai. Jika buku jatuh, energi potensial itu berubah menjadi energi kinetik saat buku bergerak ke bawah.

Contoh rumah:

Air dalam toren di atas rumah memiliki energi potensial gravitasi. Karena posisinya tinggi, air dapat mengalir turun melalui pipa. Ketinggian membantu air memiliki tekanan untuk mengalir.

Energi potensial tidak hanya karena ketinggian. Pegas yang ditekan, karet gelang yang ditarik, atau busur panah yang dilenturkan juga menyimpan energi potensial elastis. Ketika dilepas, energi itu dapat berubah menjadi energi gerak.

Kerja: Ketika Gaya Memindahkan Benda

Dalam fisika, kata kerja memiliki arti khusus. Kerja bukan sekadar “sibuk” atau “lelah”.

Kerja terjadi ketika gaya menyebabkan perpindahan.

Jika Anda mendorong meja dan meja berpindah, Anda melakukan kerja pada meja. Jika Anda mendorong dinding sekuat tenaga tetapi dinding tidak berpindah, dalam pengertian fisika ideal, kerja pada dinding bisa nol karena tidak ada perpindahan dinding.

Secara sederhana, jika gaya searah perpindahan:

$$W = Fd$$

Di sini:

- W adalah kerja,
- F adalah gaya,
- d adalah perpindahan.

Catatan penting: huruf W kadang dipakai untuk berat dan kadang untuk kerja, tergantung konteks. Dalam buku fisika, kita harus membaca arti huruf dari penjelasannya.

Contoh:

Anda menarik keranjang belanja sejauh beberapa meter. Gaya tarikan Anda menyebabkan keranjang berpindah. Berarti Anda melakukan kerja pada keranjang.

Kerja berkaitan erat dengan energi. Ketika kerja dilakukan pada suatu benda, energi benda dapat berubah [Halliday et al., 2018]. Misalnya, saat Anda mendorong ayunan, Anda memberi energi pada ayunan sehingga geraknya bertambah.

Panas dan Suhu: Tidak Sama

Sekarang kita masuk ke dapur lagi.

Air dingin dipanaskan di kompor. Lama-lama air menjadi hangat, lalu panas, lalu mendidih. Kita sering berkata, "Panasnya naik." Tetapi dalam fisika, kita perlu membedakan panas dan suhu.

Suhu adalah ukuran seberapa panas atau dingin suatu benda, berkaitan dengan energi gerak acak partikel-partikel penyusunnya.

Panas adalah energi yang berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah karena perbedaan suhu [Schroeder, 2000].

Contoh:

Jika sendok logam dimasukkan ke dalam teh panas, sendok ikut menjadi panas. Energi berpindah dari teh yang lebih panas ke sendok yang lebih dingin. Energi yang berpindah karena perbedaan suhu itulah yang disebut panas dalam fisika.

Suhu diukur dengan termometer, misalnya dalam derajat Celsius. Panas sebagai energi diukur dalam joule, satuan energi yang sama dengan kerja.

Perbedaan ini penting:

- Suhu menyatakan keadaan panas-dingin.
- Panas menyatakan energi yang sedang berpindah karena perbedaan suhu.

Contoh lain:

Air satu gelas dan air satu panci bisa memiliki suhu sama, misalnya sama-sama 80°C . Tetapi air satu panci mengandung energi termal lebih banyak karena jumlah airnya lebih banyak. Jadi suhu sama tidak berarti energi totalnya sama.

Energi Termal: Gerak Kecil yang Tidak Terlihat

Benda yang tampak diam sebenarnya tersusun dari partikel-partikel kecil, seperti atom dan molekul, yang bergerak dan bergetar. Dalam zat padat, partikel tidak bebas pergi jauh seperti orang berjalan di pasar, tetapi mereka dapat bergetar di sekitar posisi tertentu. Dalam zat cair dan gas, gerakannya lebih bebas.

Energi termal adalah energi yang berkaitan dengan gerak acak partikel-partikel penyusun suatu benda.

Ketika air dipanaskan, molekul-molekul air rata-rata bergerak lebih cepat. Ketika suhu turun, gerak acak rata-ratanya berkurang. Hubungan antara suhu dan gerak mikroskopis partikel merupakan bagian penting dari fisika termal dan teori kinetik [Schroeder, 2000].

Contoh:

Mengapa mentega meleleh di wajan panas?

Karena energi berpindah dari wajan ke mentega. Partikel-partikel dalam mentega bergerak lebih kuat, susunan padatnya tidak lagi bertahan seperti sebelumnya, lalu mentega berubah menjadi cair.

Mengapa es mencair?

Karena es menerima energi dari lingkungan yang lebih hangat. Energi itu melemahkan keteraturan struktur es sehingga air berubah fase dari padat menjadi cair.

Di sini kita mulai melihat jembatan menuju dunia kecil. Panas yang kita rasakan di tangan ternyata berkaitan dengan gerak banyak sekali partikel kecil. Kita belum perlu memakai mekanika kuantum untuk semua penjelasan panas sehari-hari, tetapi kelak mekanika kuantum akan membantu menjelaskan sifat zat lebih dalam, seperti mengapa logam menghantarkan listrik, mengapa warna benda berbeda, dan mengapa atom membentuk ikatan.

Mengapa Benda Besar Tampak Patuh pada Hukum Newton?

Sekarang kita sampai pada pertanyaan penting untuk buku ini:

Jika dunia sebenarnya tersusun dari atom dan partikel kuantum, mengapa kursi, panci, bola, dan tubuh kita tampak mengikuti fisika klasik?

Jawaban singkatnya:

Karena untuk benda besar dalam keadaan sehari-hari, efek kuantum biasanya sangat kecil sehingga tidak tampak langsung. Mekanika klasik menjadi pendekatan yang sangat baik.

Kata pendekatan di sini berarti cara menghitung atau memahami yang tidak selalu paling mendasar, tetapi cukup tepat untuk keadaan tertentu.

Contoh:

Jika Anda ingin mengukur panjang meja, Anda tidak perlu menghitung atom satu per satu. Meteran sudah cukup. Tetapi jika Anda ingin memahami mengapa bahan meja kuat, mengapa warnanya begitu, atau bagaimana atom-atomnya berikatan, Anda mulai membutuhkan penjelasan mikroskopis.

Mekanika klasik berhasil sangat baik ketika:

- benda cukup besar dibandingkan ukuran atom,
- kecepatannya jauh lebih kecil daripada kecepatan cahaya,
- kita tidak sedang mengamati detail kuantum yang sangat halus.

Dalam kondisi seperti ini, hukum Newton memberi prediksi yang sangat akurat untuk banyak kebutuhan teknik dan kehidupan sehari-hari [Halliday et al., 2018].

Contoh:

Untuk memperkirakan lintasan bola yang dilempar, kita bisa memakai hukum Newton. Kita tidak perlu memakai persamaan Schrödinger.

Untuk merancang jembatan, mesin, atau gerak kendaraan sehari-hari, fisika klasik sangat berguna. Namun untuk menjelaskan elektron dalam atom, spektrum cahaya, semikonduktor, laser, dan banyak teknologi modern, mekanika kuantum diperlukan.

Jadi bukan berarti mekanika klasik salah total. Lebih tepat:

Mekanika klasik adalah peta yang sangat baik untuk dunia besar, tetapi bukan peta lengkap untuk dunia sangat kecil.

Mengapa Kita Tidak Melihat Keanehan Kuantum di Dapur?

Dalam bab pertama, kita membahas bahwa dunia kuantum terasa aneh. Elektron dan foton dapat menunjukkan perilaku seperti gelombang dan partikel. Hasil pengukuran sering hanya dapat diprediksi sebagai peluang. Tetapi di dapur, panci tidak tampak berada di dua tempat sekaligus. Sendok tidak tampak menembus meja. Mengapa?

Salah satu alasannya adalah bahwa benda sehari-hari terdiri dari jumlah partikel yang luar biasa banyak. Ketika banyak sekali partikel berinteraksi dengan lingkungan—udara, cahaya, meja, tangan kita—perilaku kuantum yang halus menjadi sulit terlihat sebagai gejala langsung pada skala manusia. Dalam praktik sehari-hari, hasil kolektifnya tampak stabil dan klasik.

Contoh sederhana:

Satu orang di pasar bisa bergerak dengan cara yang sulit ditebak. Tetapi jika ada ribuan orang, kita bisa melihat pola besar: jalan utama ramai, pintu keluar padat, antrian terbentuk. Pola besar tidak menghapus gerak masing-masing orang, tetapi memberi gambaran lain pada skala yang lebih besar.

Demikian pula, benda besar memiliki perilaku makroskopis—perilaku pada skala yang dapat kita lihat—yang sering dapat dijelaskan tanpa mengikuti setiap partikel kecilnya satu per satu.

Makroskopis berarti ukuran besar yang dapat diamati langsung, seperti panci, bola, tubuh, atau meja.

Mikroskopis berarti ukuran sangat kecil, seperti atom, molekul, elektron, dan inti atom.

Mekanika kuantum terutama diperlukan untuk memahami dunia mikroskopis. Mekanika klasik terutama berhasil untuk dunia makroskopis sehari-hari.

Contoh Besar: Memasak Air dari Sudut Pandang Fisika

Mari gabungkan beberapa gagasan dalam satu kejadian biasa: memasak air.

Anda mengisi panci dengan air, menaruhnya di kompor, lalu menyalakan api.

Apa yang terjadi menurut fisika?

Pertama, bahan bakar kompor menyimpan energi kimia. Ketika terbakar, energi kimia berubah menjadi energi termal dan cahaya. Energi berpindah ke panci, lalu ke air.

Kedua, suhu air naik. Artinya, gerak acak molekul-molekul air rata-rata bertambah.

Ketiga, jika energi yang diterima cukup, air mencapai titik didih. Pada tekanan udara normal di permukaan laut, air murni mendidih sekitar 100°C . Ketika mendidih, sebagian air berubah menjadi uap.

Keempat, selama proses ini, ada banyak perpindahan energi:

- dari api ke panci,
- dari panci ke air,
- dari air ke udara,

- dari panci ke lingkungan sekitar.

Tidak semua energi masuk ke air. Sebagian hilang ke udara dan benda sekitar. Karena itu panci tertutup dapat membantu mempercepat pemanasan, sebab mengurangi sebagian kehilangan energi.

Dalam satu kegiatan memasak air, kita sudah memakai banyak gagasan fisika:

- energi,
- panas,
- suhu,
- perpindahan energi,
- gerak molekul,
- perubahan fase.

Tidak ada yang mistis. Fisika bukan menjauhkan kita dari kehidupan sehari-hari; fisika membantu kita melihat kedalaman di balik hal yang biasa.

Contoh Besar Lain: Mendorong Keranjang Belanja

Sekarang bayangkan Anda mendorong keranjang belanja di pasar swalayan.

Awalnya keranjang diam. Anda memberi gaya dorong. Keranjang mulai bergerak. Jika keranjang kosong, mudah didorong. Jika penuh beras, minyak, dan galon, lebih sulit.

Mengapa?

Karena massa keranjang bertambah. Untuk gaya dorong yang sama, percepatannya lebih kecil. Ini sesuai dengan hukum Newton kedua:

$$F = ma$$

Saat Anda berhenti mendorong, keranjang tidak langsung berhenti seketika. Ia masih bergerak sebentar karena kelembaman. Tetapi akhirnya melambat karena gesekan roda dan lantai serta hambatan udara.

Jika roda keranjang macet, gesekan lebih besar. Anda harus memberi gaya lebih besar. Jika lantai licin dan roda bagus, gesekan lebih kecil, sehingga keranjang lebih mudah bergerak.

Dalam satu contoh keranjang belanja, kita melihat:

- gaya,
- massa,
- percepatan,
- kelembaman,
- gesekan,
- energi gerak.

Inilah cara fisika bekerja: satu kejadian sederhana dapat dibaca sebagai hubungan beberapa konsep.

Contoh Besar Lain: Menjemur Pakaian

Menjemur pakaian juga penuh fisika.

Ketika pakaian basah dijemur, air dalam kain menguap. Penguapan membutuhkan energi. Energi itu datang dari cahaya Matahari, udara hangat, dan lingkungan sekitar.

Pakaian lebih cepat kering jika:

- terkena sinar Matahari,
- terkena angin,
- dibentangkan lebar,
- udara tidak terlalu lembap.

Mengapa dibentangkan lebar membantu? Karena permukaan air yang bersentuhan dengan udara lebih luas, sehingga penguapan lebih mudah terjadi.

Mengapa angin membantu? Karena udara dekat pakaian yang sudah banyak mengandung uap air diganti oleh udara lain yang lebih kering, sehingga penguapan terus berlangsung.

Di sini ada energi termal, perubahan fase dari cair ke gas, dan perpindahan energi. Sekali lagi, fisika bukan hanya urusan laboratorium. Ia ada di tali jemuran.

Apa yang Perlu Diingat dari Bab Ini

Kita sudah menempuh cukup jauh. Mari tenangkan kembali inti bab ini.

Mekanika klasik mempelajari gerak benda sehari-hari. Untuk membicarakan gerak, kita memakai gagasan posisi, waktu, jarak, perpindahan, kecepatan, dan percepatan.

Gaya adalah dorongan atau tarikan yang dapat mengubah gerak atau bentuk benda. Hukum Newton menjelaskan hubungan antara gaya dan gerak:

1. Benda cenderung mempertahankan keadaan geraknya jika tidak ada gaya total.
2. Gaya total menyebabkan percepatan sesuai hubungan $F = ma$.
3. Gaya selalu muncul berpasangan antara dua benda, sama besar dan berlawanan arah.

Energi membantu kita memahami perubahan. Energi dapat berupa energi gerak, energi karena posisi, energi termal, energi kimia, dan bentuk lain. Energi dapat berpindah dan berubah bentuk, tetapi dalam sistem tertutup jumlah totalnya tetap.

Panas dan suhu tidak sama. Suhu menyatakan keadaan panas-dingin, sedangkan panas adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu.

Fisika klasik sangat berhasil untuk benda besar dalam kehidupan sehari-hari. Tetapi ketika kita masuk ke skala atom, elektron, dan cahaya dalam keadaan tertentu, kita membutuhkan mekanika kuantum.

Bab ini bukan tujuan akhir. Bab ini adalah jembatan. Setelah memahami gerak, gaya, energi, dan panas dalam dunia sehari-hari, kita siap mempelajari sesuatu yang juga sangat akrab tetapi lebih halus: gelombang.

Di bab berikutnya, kita akan melihat gelombang pada air, tali, suara, dan cahaya. Gagasan gelombang ini kelak menjadi salah satu kunci besar untuk memahami mengapa elektron dan cahaya dapat berperilaku begitu mengejutkan dalam mekanika kuantum.

References

Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1963). *The Feynman Lectures on Physics, Vol. I*. Addison-Wesley.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentals of Physics (11th ed.)*. Wiley.

Newton, I. (1999). *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy* (I. B. Cohen & A. Whitman, Trans.; J. Budenz, Assist.). University of California Press. Original work published 1687.

Schroeder, D. V. (2000). An Introduction to Thermal Physics. Addison Wesley Longman.

Document information

Bab 4: Gerak, Gaya, dan Energi dalam Kehidupan Sehari-hari

Project	Mekanika Kuantum dari Nol
Document	Document 1.8
Author	ningsumarti
Verifier	Not verified
Downloaded	July 06, 2026 05:30 KST
Status	Working
Document link	https://www.theorytrace.com/projects/mekanika-kuantum-dari-nol/documents/bab-4-gerak-gaya-dan-energi-dalam-kehidupan-sehari-hari/