

Bab 3: Besaran, Satuan, Vektor, dan Cara Berpikir Fisika

Pada Bab 1, kita melihat bahwa komputasi kuantum berdiri di atas fisika, matematika, komputer, dan bahasa Inggris teknis. Pada Bab 2, kita mulai melatih cara membaca istilah dan kalimat sains dalam bahasa Inggris. Sekarang kita masuk ke fondasi fisika pertama: bagaimana fisika menggambarkan dunia secara kuantitatif.

Kata “kuantitatif” berarti memakai angka, satuan, hubungan matematis, dan pengukuran. Fisika tidak hanya berkata, “benda itu bergerak cepat,” tetapi bertanya:

- Seberapa cepat?
- Dalam arah mana?
- Diukur dengan satuan apa?
- Apakah hasil ukur itu masuk akal?
- Bagaimana perubahan gerak itu dapat digambar dalam grafik?
- Bagaimana kita menuliskannya sebagai vektor atau persamaan?

Pertanyaan-pertanyaan seperti ini mungkin terlihat jauh dari qubit. Namun, justru di sinilah kebiasaan berpikir fisika mulai terbentuk. Nanti, ketika kita menulis keadaan kuantum sebagai vektor, membaca amplitudo kompleks, atau memahami pengukuran qubit, kita masih memakai pola berpikir yang sama: mendefinisikan besaran dengan jelas, memilih representasi matematika yang tepat, dan menafsirkan hasilnya dengan hati-hati.

Bab ini akan membahas enam fondasi:

1. Besaran: sesuatu yang dapat diukur atau dihitung.
2. Satuan: acuan untuk menyatakan hasil pengukuran.
3. Skala dan estimasi: cara menilai ukuran secara masuk akal.
4. Grafik: cara melihat hubungan antarbesaran.
5. Vektor: besaran yang memiliki besar dan arah.
6. Cara berpikir fisika: kebiasaan memodelkan dunia secara sederhana tetapi teliti.

Sepanjang bab, kita juga akan menambahkan beberapa kosakata bahasa Inggris teknis, karena kata-kata seperti quantity, unit, vector, magnitude, dan component akan sering muncul dalam buku fisika dan komputasi kuantum.

3.1 Fisika Dimulai dari Pertanyaan yang Dapat Diukur

Fisika adalah ilmu yang mempelajari alam melalui pengamatan, pengukuran, model, dan pengujian. Dalam fisika, kita tidak cukup mengatakan:

> “Bola itu jatuh.” > “Lampu itu terang.” > “Partikel itu bergerak.” > “Sinyal itu berubah.”

Kalimat-kalimat itu memberi gambaran umum, tetapi belum cukup untuk membangun teori atau melakukan perhitungan. Fisika ingin mengubah pengamatan menjadi bentuk yang lebih tepat:

> “Bola jatuh sejauh 4,9 meter dalam waktu sekitar 1 detik.” > “Lampu memancarkan daya 10 watt.” > “Partikel bergerak dengan kecepatan 2 meter per detik ke arah kanan.” > “Tegangan sinyal berubah dari 0 volt ke 5 volt.”

Perhatikan bahwa kalimat-kalimat kedua memakai angka dan satuan. Inilah langkah awal berpikir fisika.

Dalam bahasa Inggris teknis:

- quantity = besaran
- measurement = pengukuran
- unit = satuan
- value = nilai
- magnitude = besar/nilai besar suatu besaran

Contoh kalimat teknis:

> “The measured length is 2.5 meters.”

Artinya:

> “Panjang yang diukur adalah 2,5 meter.”

Di sini:

- length adalah besaran,
- 2.5 adalah nilai numerik,
- meters adalah satuan.

Struktur ini sangat penting. Dalam fisika, angka tanpa satuan sering tidak bermakna. Jika seseorang berkata “panjang meja adalah 2”, kita belum tahu apakah maksudnya 2 meter, 2 sentimeter, atau 2 inci.

3.2 Besaran: Apa yang Sebenarnya Diukur?

Besaran fisika adalah sifat suatu benda, sistem, atau proses yang dapat dinyatakan secara kuantitatif. Contoh besaran fisika:

- panjang,
- massa,
- waktu,
- suhu,
- kecepatan,
- energi,
- gaya,
- muatan listrik,
- frekuensi.

Tidak semua besaran memiliki jenis yang sama. Salah satu pembagian paling awal adalah besaran pokok dan besaran turunan.

Besaran Pokok

Besaran pokok adalah besaran dasar yang tidak didefinisikan dari kombinasi besaran lain dalam sistem satuan tertentu. Dalam Sistem Internasional, atau SI dari bahasa Prancis *Système international d'unités*, terdapat tujuh satuan dasar yang digunakan untuk membangun satuan-satuan lain. SI modern didefinisikan melalui nilai tetap beberapa konstanta fisika fundamental, dan sistem ini dikelola secara internasional oleh BIPM, Bureau International des Poids et Mesures (BIPM, 2019).

Tujuh satuan dasar SI adalah:

| Besaran pokok | Satuan SI | Simbol satuan |
|--------------------|-----------|---------------|
| panjang | meter | m |
| massa | kilogram | kg |
| waktu | sekon | s |
| arus listrik | ampere | A |
| suhu termodinamika | kelvin | K |
| jumlah zat | mole | mol |
| intensitas cahaya | candela | cd |

Untuk bab ini, kita paling sering memakai panjang, massa, dan waktu. Nanti, ketika masuk gelombang, elektromagnetisme, dan fisika kuantum, kita akan bertemu frekuensi, energi, muatan listrik, dan besaran lain.

Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang dibentuk dari kombinasi besaran pokok.

Contoh pertama: kecepatan.

Kecepatan menyatakan seberapa cepat posisi berubah terhadap waktu. Jika sebuah sepeda menempuh jarak 10 meter dalam 2 sekon, maka kelajuan rata-ratanya adalah:

$$\text{kelajuan} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} = \frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

Satuan m/s dibaca “meter per sekon”. Ini adalah satuan turunan, karena dibentuk dari meter dan sekon.

Contoh kedua: luas.

Jika persegi memiliki sisi 3 meter, luasnya:

$$\text{luas} = 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$$

Satuan luas adalah meter persegi, m^2 .

Contoh ketiga: massa jenis.

Massa jenis menyatakan massa per volume:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Jika massa sebuah benda 10 kg dan volumenya 2 m^3 , maka:

$$\rho = \frac{10 \text{ kg}}{2 \text{ m}^3} = 5 \text{ kg/m}^3$$

Di sini kg/m^3 adalah satuan turunan.

Pola ini akan terus muncul. Dalam fisika, kita tidak hanya menghitung angka; kita juga menghitung satuan. Satuan membantu kita memeriksa apakah persamaan masuk akal.

3.3 Satuan: Bahasa Bersama Pengukuran

Bayangkan dua orang sedang berdiskusi.

Orang pertama berkata:

> “Panjang kabelnya 3.”

Orang kedua bertanya:

> “3 apa?”

Pertanyaan itu wajar, karena angka 3 sendiri belum cukup. Panjang kabel 3 meter sangat berbeda dari 3 sentimeter.

Satuan adalah standar pembanding untuk menyatakan hasil pengukuran. Jika kita mengatakan panjang meja adalah 2 meter, artinya panjang meja dibandingkan dengan standar “meter”.

Dalam bahasa Inggris:

- unit = satuan
- SI unit = satuan SI
- standard unit = satuan standar
- derived unit = satuan turunan

Satuan penting karena fisika adalah ilmu yang harus dapat dikomunikasikan dan diuji ulang. Jika seorang peneliti di Indonesia, Jepang, Jerman, dan Brasil mengukur panjang dalam meter, mereka memakai acuan yang sama. Sistem SI menyediakan kerangka satuan internasional agar pengukuran ilmiah dapat dibandingkan secara konsisten (BIPM, 2019).

Menulis Satuan dengan Benar

Dalam penulisan ilmiah, angka dan satuan biasanya dipisahkan dengan spasi:

5 m

bukan:

$5m$

Simbol satuan juga tidak diberi titik sebagai singkatan biasa. Jadi, kita menulis:

- 5 m, bukan 5 m.
- 10 s, bukan 10 sec. dalam notasi SI formal
- 3 kg, bukan 3 kgs

Beberapa contoh:

| Besaran | Penulisan benar | Dibaca |
|-----------|------------------|-------------------------|
| panjang | 2 m | dua meter |
| waktu | 5 s | lima sekon |
| massa | 3 kg | tiga kilogram |
| kecepatan | 10 m/s | sepuluh meter per sekon |
| luas | 4 m ² | empat meter persegi |

Hal kecil seperti ini penting karena teks sains membutuhkan ketelitian. Ketelitian penulisan membantu ketelitian berpikir.

3.4 Dimensi: Memeriksa Bentuk Fisik Persamaan

Selain satuan, fisika juga memakai gagasan dimensi. Dimensi menunjukkan jenis besaran fisik secara umum, tanpa bergantung pada satuan tertentu.

Contoh:

- Panjang memiliki dimensi panjang, sering ditulis [L].
- Waktu memiliki dimensi waktu, [T].
- Massa memiliki dimensi massa, [M].
- Kecepatan memiliki dimensi panjang per waktu, $[L][T]^{-1}$.
- Percepatan memiliki dimensi panjang per waktu kuadrat, $[L][T]^{-2}$.

Perbedaan satuan dan dimensi dapat dilihat dari contoh berikut.

meter dan kilometer adalah satuan yang berbeda, tetapi keduanya memiliki dimensi yang sama: panjang.

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

Keduanya mengukur jenis besaran yang sama.

Sebaliknya, meter dan sekon memiliki dimensi berbeda. Tidak masuk akal menjumlahkan:

$$3 \text{ m} + 2 \text{ s}$$

karena panjang dan waktu adalah jenis besaran berbeda.

Contoh Pemeriksaan Dimensi

Misalkan kita punya persamaan:

$$x = vt$$

Di sini:

- x adalah jarak,
- v adalah kecepatan,
- t adalah waktu.

Dimensi sisi kanan:

$$[v][t] = \left(\frac{L}{T}\right)(T) = L$$

Sisi kiri juga berdimensi panjang, yaitu L. Jadi secara dimensi, persamaan ini masuk akal.

Sekarang lihat bentuk yang salah:

$$x = v + t$$

Sisi kanan menjumlahkan kecepatan dan waktu. Itu tidak cocok secara dimensi. Maka persamaan ini tidak masuk akal sebagai persamaan fisika.

Pemeriksaan dimensi tidak membuktikan bahwa sebuah persamaan pasti benar, tetapi dapat membantu menemukan banyak kesalahan. Buku-buku fisika dasar biasanya menekankan konsistensi satuan dan dimensi sebagai alat pemeriksaan awal dalam pemecahan soal (Ling, Sanny, dan Moebis, 2016).

3.5 Skala: Belajar Merasa Ukuran

Fisika sering berbicara tentang ukuran yang sangat berbeda dari pengalaman sehari-hari.

Kita dapat mengukur:

- panjang pensil: sekitar 10^{-1} m,
- tinggi manusia: sekitar 10^0 m,
- jarak Jakarta-Surabaya: sekitar 10^6 m,
- diameter atom: sekitar 10^{-10} m,
- jarak Bumi-Matahari: sekitar 10^{11} m.

Notasi seperti 10^{-10} atau 10^{11} disebut notasi ilmiah. Notasi ini memudahkan kita menulis bilangan sangat kecil atau sangat besar.

Cara Membaca Notasi Ilmiah

$$10^3 = 1000$$

$$10^2 = 100$$

$$10^1 = 10$$

$$10^0 = 1$$

$$10^{-1} = 0,1$$

$$10^{-2} = 0,01$$

$$10^{-3} = 0,001$$

Jadi:

$$3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

berarti:

$$300.000.000 \text{ m/s}$$

Dalam fisika, kecepatan cahaya dalam vakum tepat bernilai 299.792.458 m/s karena meter didefinisikan menggunakan nilai tetap kecepatan cahaya dalam vakum dalam SI modern (BIPM, 2019). Untuk banyak perhitungan awal, kita sering membulatkannya menjadi kira-kira:

$$3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Pembulatan seperti ini bukan asal-asalan. Kita harus tahu kapan pembulatan cukup baik dan kapan angka presisi diperlukan.

Orde Besar

Orde besar atau order of magnitude adalah perkiraan ukuran berdasarkan pangkat sepuluh terdekat.

Contoh:

- 2 m dan 8 m sama-sama berorde 10^0 m.
- 50 m berorde 10^2 m jika dibulatkan ke pangkat sepuluh terdekat.
- 0,003 m berorde 10^{-3} m.

Mengapa orde besar penting? Karena sebelum menghitung detail, fisikawan sering bertanya:

> “Jawaban ini kira-kira masuk akal atau tidak?”

Misalnya, jika seseorang menghitung tinggi manusia dan mendapatkan:

$$1,7 \times 10^6 \text{ m}$$

maka hasil itu jelas tidak masuk akal. Itu setara 1.700 km. Kesalahan mungkin terjadi pada satuan, pangkat sepuluh, atau rumus.

Keterampilan ini akan berguna dalam komputasi kuantum. Misalnya, ketika membaca artikel tentang waktu koherensi qubit dalam mikrodetik atau milidetik, kita perlu memahami skala waktu yang sedang dibicarakan.

3.6 Estimasi: Menghitung Secukupnya untuk Memahami

Estimasi adalah perkiraan terdidik. Kata “terdidik” penting: estimasi bukan menebak sembarangan. Estimasi memakai informasi yang masuk akal, pembulatan, dan pemeriksaan satuan.

Contoh pertanyaan:

> Berapa jumlah detak jantung manusia dalam satu hari?

Kita tidak perlu mengukur setiap detak. Kita dapat memperkirakan.

Misalkan detak jantung rata-rata sekitar 70 kali per menit. Dalam satu jam:

$$70 \times 60 = 4200$$

Dalam satu hari:

$$4200 \times 24 = 100.800$$

Jadi, sekitar 10^5 detak per hari.

Apakah angka ini tepat untuk semua orang? Tidak. Detak jantung berbeda-beda. Tetapi sebagai estimasi, angka itu memberi skala yang masuk akal.

Estimasi dan Kebiasaan Fisika

Estimasi membantu kita dalam tiga hal:

1. Memulai masalah yang belum jelas.

Ketika data lengkap belum tersedia, estimasi memberi arah awal.

2. Memeriksa hasil perhitungan.

Jika hasil akhir jauh dari estimasi kasar, kita perlu memeriksa ulang.

3. Memahami skala fenomena.

Kita dapat membandingkan apakah suatu efek besar, kecil, atau dapat diabaikan.

Dalam pemecahan masalah fisika, kemampuan membuat perkiraan dan memeriksa kewajaran hasil adalah bagian penting dari penalaran ilmiah. Pendekatan seperti ini dibahas secara luas dalam pengajaran fisika dasar dan analisis kesalahan pengukuran (Taylor, 1997; Ling, Sanny, dan Moebis, 2016).

3.7 Pengukuran Selalu Memiliki Ketidakpastian

Ketika kita mengukur panjang meja dengan penggaris, hasilnya mungkin 120,3 cm. Tetapi apakah angka itu benar sempurna? Tidak. Ada banyak sumber ketidakpastian:

- batas ketelitian penggaris,
- posisi mata saat membaca skala,
- ujung meja yang tidak benar-benar rata,
- cara kita menempatkan penggaris.

Dalam fisika, ketidakpastian pengukuran berarti batas seberapa yakin kita terhadap hasil ukur. Ini bukan berarti pengukuran tidak berguna. Justru sebaliknya: menyatakan ketidakpastian membuat pengukuran lebih jujur dan lebih ilmiah.

Contoh:

$$L = 120,3 \pm 0,1 \text{ cm}$$

Artinya, panjang L diukur sekitar 120,3 cm, dengan ketidakpastian 0,1 cm.

Simbol \pm dibaca “plus minus”. Pernyataan itu berarti nilai yang masuk akal berada di sekitar:

$$120,2 \text{ cm sampai } 120,4 \text{ cm}$$

dalam interpretasi sederhana untuk pengukuran awal.

John R. Taylor menekankan bahwa ketidakpastian bukan gangguan kecil yang boleh diabaikan begitu saja, melainkan bagian dasar dari cara hasil eksperimen dilaporkan dan dibandingkan dalam sains (Taylor, 1997).

Ketidakpastian Klasik dan Jalan Menuju Kuantum

Pada tahap ini, ketidakpastian yang kita bahas adalah ketidakpastian pengukuran biasa: alat terbatas, mata manusia terbatas, kondisi lingkungan berubah.

Nanti, dalam mekanika kuantum, kita akan bertemu jenis keterbatasan yang lebih mendasar, seperti prinsip ketidakpastian Heisenberg. Namun, jangan campuradukkan terlalu cepat. Ketidakpastian membaca penggaris tidak sama dengan ketidakpastian kuantum. Bab ini hanya menyiapkan kebiasaan: hasil ukur harus dibaca dengan batas kepercayaan dan konteks.

3.8 Grafik: Melihat Hubungan, Bukan Hanya Angka

Fisika sering bertanya bagaimana satu besaran berubah terhadap besaran lain. Grafik membantu kita melihat pola perubahan itu.

Misalnya, seseorang berjalan lurus dengan posisi sebagai berikut:

| Waktu t (s) | Posisi x (m) |
|---------------|----------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 2 |
| 2 | 4 |
| 3 | 6 |
| 4 | 8 |

Jika kita gambar posisi x terhadap waktu t , titik-titiknya membentuk garis lurus. Artinya posisi bertambah secara teratur.

Persamaan yang sesuai:

$$x = 2t$$

Ketika $t = 3$ s, maka:

$$x = 2(3) = 6 \text{ m}$$

Sumbu Grafik

Grafik dua dimensi biasanya memiliki:

- sumbu horizontal, sering disebut sumbu x,
- sumbu vertikal, sering disebut sumbu y.

Dalam contoh gerak, kita dapat menaruh waktu pada sumbu horizontal dan posisi pada sumbu vertikal.

Dalam bahasa Inggris:

- axis = sumbu
- horizontal axis = sumbu horizontal
- vertical axis = sumbu vertikal
- plot = grafik atau menggambar grafik
- slope = kemiringan/gradien
- intercept = titik potong dengan sumbu

Kalimat teknis:

> "The slope of the position-time graph represents velocity."

Artinya:

> "Kemiringan grafik posisi-waktu menyatakan kecepatan."

Kemiringan Grafik

Untuk garis lurus, kemiringan atau gradien dihitung dengan:

$$\text{slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Simbol Δ adalah huruf Yunani delta besar, yang berarti "perubahan".

Dalam grafik posisi terhadap waktu:

$$\text{slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Jika posisi berubah dari 0 m ke 8 m dalam waktu 0 s ke 4 s:

$$\text{slope} = \frac{8 - 0}{4 - 0} = 2 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan benda adalah 2 m/s.

Grafik bukan sekadar gambar. Grafik adalah cara menyimpan informasi hubungan antarbesaran. Buku fisika dasar banyak memakai grafik posisi-waktu, kecepatan-waktu, gaya-waktu, dan energi-posisi untuk menafsirkan perilaku sistem fisik (Ling, Sanny, dan Moebs, 2016).

3.9 Skalar dan Vektor: Besar Saja atau Besar dengan Arah?

Sekarang kita masuk ke salah satu ide matematika paling penting untuk fisika dan komputasi kuantum: vektor.

Sebelum mendefinisikan vektor, kita perlu membedakan dua jenis besaran: skalar dan vektor.

Skalar

Skalar adalah besaran yang cukup dinyatakan dengan nilai dan satuan, tanpa arah.

Contoh skalar:

- massa: 5 kg,
- suhu: 30 °C,
- waktu: 10 s,
- energi: 100 J,
- panjang lintasan: 2 m.

Jika seseorang berkata massa benda 5 kg, kita tidak perlu bertanya “ke arah mana massanya?” Massa tidak memiliki arah.

Vektor

Vektor adalah besaran yang memiliki besar dan arah. Dalam banyak buku fisika, vektor digunakan untuk menyatakan perpindahan, kecepatan, percepatan, gaya, dan medan. Pengantar vektor sebagai alat untuk menyatakan besaran berarah merupakan bagian standar dalam fisika dasar (Ling, Sanny, dan Moebs, 2016).

Contoh vektor:

- perpindahan 3 m ke timur,
- kecepatan 10 m/s ke utara,
- gaya 5 N ke bawah,
- percepatan $9,8 \text{ m/s}^2$ ke bawah dekat permukaan Bumi.

Perhatikan bedanya:

> “10 m/s” hanya memberi besar kelajuan. > “10 m/s ke utara” memberi besar dan arah kecepatan.

Dalam bahasa Inggris:

- scalar = skalar
- vector = vektor
- magnitude = besar vektor
- direction = arah
- component = komponen

3.10 Menggambar Vektor sebagai Panah

Vektor sering digambar sebagai panah.

- Panjang panah menunjukkan besar vektor.
- Arah panah menunjukkan arah vektor.

Misalnya, vektor perpindahan 4 m ke kanan dapat digambar sebagai panah ke kanan. Vektor perpindahan 2 m ke kiri digambar sebagai panah ke kiri dengan panjang setengahnya jika memakai skala gambar yang sama.

Secara simbolik, vektor sering ditulis dengan huruf tebal seperti:

v

atau dengan tanda panah di atas huruf:

$$\vec{v}$$

Dalam buku ini, kita akan sering memakai huruf tebal untuk vektor biasa, misalnya \mathbf{v} , dan nanti memakai notasi khusus untuk vektor keadaan kuantum, seperti $|\psi\rangle$. Notasi $|\psi\rangle$ akan dijelaskan di Bab 11. Untuk sekarang, cukup pahami bahwa vektor adalah objek matematika yang dapat merepresentasikan keadaan atau perubahan.

Contoh: Perpindahan

Misalkan Anda berjalan:

1. 3 m ke timur,
2. lalu 4 m ke utara.

Jarak total yang Anda tempuh adalah:

$$3 \text{ m} + 4 \text{ m} = 7 \text{ m}$$

Tetapi perpindahan dari titik awal ke titik akhir bukan 7 m. Perpindahan adalah garis lurus dari posisi awal ke posisi akhir.

Dengan teorema Pythagoras:

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m}$$

Jadi:

- jarak tempuh = 7 m,
- besar perpindahan = 5 m,
- arah perpindahan miring ke timur laut.

Ini menunjukkan perbedaan penting antara besaran skalar dan vektor.

3.11 Komponen Vektor: Memecah Arah Menjadi Bagian

Untuk menghitung vektor dengan mudah, kita sering memecahnya menjadi komponen. Komponen adalah bagian vektor sepanjang sumbu tertentu.

Bayangkan bidang datar dengan dua sumbu:

- sumbu x: kanan-kiri,
- sumbu y: atas-bawah.

Jika sebuah vektor bergerak 3 satuan ke kanan dan 4 satuan ke atas, kita dapat menuliskannya sebagai:

$$\mathbf{a} = (3, 4)$$

Artinya:

- komponen x adalah 3,
- komponen y adalah 4.

Besar vektor:

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

Tanda $|\mathbf{a}|$ berarti besar atau panjang vektor \mathbf{a} . Dalam bahasa Inggris, ini disebut magnitude of a vector.

Contoh dengan Satuan

Jika perpindahan seseorang adalah:

$$\mathbf{d} = (3 \text{ m}, 4 \text{ m})$$

maka besar perpindahannya:

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{(3 \text{ m})^2 + (4 \text{ m})^2}$$

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{9 \text{ m}^2 + 16 \text{ m}^2}$$

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{25 \text{ m}^2} = 5 \text{ m}$$

Perhatikan satuannya ikut dihitung. Ini kebiasaan penting.

3.12 Penjumlahan Vektor

Vektor dapat dijumlahkan. Jika dua perpindahan terjadi berurutan, perpindahan totalnya adalah jumlah vektor.

Misalkan:

$$\mathbf{a} = (2, 1)$$

dan

$$\mathbf{b} = (3, 4)$$

Maka:

$$\mathbf{a} + \mathbf{b} = (2 + 3, 1 + 4) = (5, 5)$$

Kita menjumlahkan komponen x dengan komponen x, dan komponen y dengan komponen y.

Contoh Fisik

Anda berjalan:

- 2 m ke timur dan 1 m ke utara,
- lalu 3 m ke timur dan 4 m ke utara.

Perpindahan pertama:

$$\mathbf{a} = (2 \text{ m}, 1 \text{ m})$$

Perpindahan kedua:

$$\mathbf{b} = (3 \text{ m}, 4 \text{ m})$$

Perpindahan total:

$$\mathbf{a} + \mathbf{b} = (5 \text{ m}, 5 \text{ m})$$

Besar perpindahan total:

$$|\mathbf{a} + \mathbf{b}| = \sqrt{5^2 + 5^2} \text{ m} = \sqrt{50} \text{ m} \approx 7,07 \text{ m}$$

Jangan menjumlahkan besar vektor secara sembarangan. Secara umum:

$$|\mathbf{a} + \mathbf{b}| \neq |\mathbf{a}| + |\mathbf{b}|$$

Kecuali jika kedua vektor searah.

3.13 Mengalikan Vektor dengan Skalar

Vektor juga dapat dikalikan dengan skalar. Jika:

$$\mathbf{a} = (2, 3)$$

maka:

$$2\mathbf{a} = (4, 6)$$

Mengalikan vektor dengan skalar positif memperbesar atau memperkecil panjangnya tanpa mengubah arah. Mengalikan dengan skalar negatif membalik arah.

Contoh:

$$-\mathbf{a} = (-2, -3)$$

Vektor $-\mathbf{a}$ memiliki besar yang sama dengan \mathbf{a} , tetapi arahnya berlawanan.

Contoh Fisik

Jika kecepatan sebuah benda:

$$\mathbf{v} = (1 \text{ m/s}, 0)$$

maka benda bergerak ke kanan dengan kecepatan 1 m/s.

Jika kecepatannya menjadi:

$$3\mathbf{v} = (3 \text{ m/s}, 0)$$

maka benda bergerak ke kanan tiga kali lebih cepat.

Jika kecepatannya:

$$-\mathbf{v} = (-1 \text{ m/s}, 0)$$

maka benda bergerak ke kiri dengan kelajuan yang sama.

3.14 Vektor Nol dan Vektor Satuan

Ada dua jenis vektor sederhana yang sering muncul: vektor nol dan vektor satuan.

Vektor Nol

Vektor nol adalah vektor yang semua komponennya nol.

Dalam dua dimensi:

$$\mathbf{0} = (0, 0)$$

Vektor nol tidak memiliki arah tertentu, karena panjangnya nol.

Contoh fisik: jika sebuah benda tidak berpindah dari posisi awal ke posisi akhir, perpindahannya adalah vektor nol.

Vektor Satuan

Vektor satuan adalah vektor yang panjangnya 1. Vektor satuan digunakan untuk menunjukkan arah.

Dalam dua dimensi, kita sering memakai:

$$\hat{\mathbf{i}} = (1, 0)$$

$$\hat{\mathbf{j}} = (0, 1)$$

Di sini:

- $\hat{\mathbf{i}}$ menunjuk arah x positif,
- $\hat{\mathbf{j}}$ menunjuk arah y positif.

Tanda topi, seperti $\hat{\mathbf{i}}$, sering menunjukkan vektor satuan.

Vektor:

$$\mathbf{a} = (3, 4)$$

dapat ditulis sebagai:

$$\mathbf{a} = 3\hat{\mathbf{i}} + 4\hat{\mathbf{j}}$$

Artinya, vektor itu terdiri dari 3 satuan arah x dan 4 satuan arah y.

Gagasan ini nanti akan terasa akrab ketika kita mempelajari basis dalam aljabar linier. Dalam komputasi kuantum, keadaan qubit juga akan ditulis sebagai kombinasi dari dua keadaan basis, yaitu $|0\rangle$ dan $|1\rangle$. Namun, jangan terburu-buru. Untuk sekarang, pahami dulu pola umum: objek dapat diuraikan menjadi komponen-komponen terhadap basis tertentu.

3.15 Grafik dan Vektor sebagai Representasi

Kata penting di sini adalah representasi.

Representasi adalah cara menyatakan suatu hal dalam bentuk tertentu agar dapat dipikirkan, dihitung, atau dikomunikasikan.

Satu gerak fisik dapat direpresentasikan dengan beberapa cara:

1. Kalimat biasa

“Benda bergerak ke kanan dengan kecepatan tetap.”

2. Tabel

Waktu dan posisi dicatat dalam baris-baris angka.

3. Grafik

Posisi digambar sebagai fungsi waktu.

4. Persamaan

$$x = vt$$

5. Vektor

$$\mathbf{v} = (2 \text{ m/s}, 0)$$

Setiap representasi punya kelebihan.

- Kalimat mudah dipahami.
- Tabel menyimpan data.
- Grafik menunjukkan pola.
- Persamaan memudahkan perhitungan.
- Vektor menyimpan besar dan arah.

Dalam fisika dan komputasi kuantum, belajar sering berarti berpindah antarrepresentasi. Anda membaca kalimat, melihat persamaan, menggambar grafik, lalu menafsirkan maknanya. Ini bukan aktivitas tambahan; ini inti belajar sains.

3.16 Cara Berpikir Fisika: Model, Asumsi, dan Batas

Fisika tidak menggambarkan semua detail dunia sekaligus. Jika kita mencoba memasukkan semua detail, masalah menjadi terlalu rumit. Karena itu fisika memakai model.

Model adalah penyederhanaan terkontrol dari suatu sistem nyata. Model tidak harus memuat semua detail, tetapi harus memuat hal-hal yang penting untuk pertanyaan yang sedang dibahas.

Contoh: bola jatuh.

Dalam kenyataan, bola jatuh dipengaruhi oleh:

- gravitasi,
- hambatan udara,
- bentuk bola,
- rotasi bola,
- angin,
- suhu udara,
- kelembapan,
- permukaan tanah.

Tetapi untuk pelajaran awal, kita sering memakai model sederhana:

> Bola dianggap sebagai partikel kecil yang jatuh vertikal tanpa hambatan udara.

Apakah model ini benar sempurna? Tidak. Apakah berguna? Ya, jika hambatan udara kecil dibandingkan efek gravitasi dan kita hanya ingin memahami pola dasar gerak jatuh.

Dalam fisika, model selalu memiliki asumsi dan batas berlaku.

- Asumsi adalah hal yang kita anggap benar untuk menyederhanakan masalah.
- Batas berlaku adalah kondisi ketika model masih dapat dipercaya.

Contoh asumsi:

> "Hambatan udara diabaikan."

Contoh batas berlaku:

> Model ini cukup baik untuk benda padat yang jatuh pada jarak pendek dengan kecepatan tidak terlalu tinggi, tetapi buruk untuk bulu, kertas, atau parasut.

Kebiasaan menyebut asumsi sangat penting dalam sains. Ketika nanti kita membahas qubit ideal, gerbang kuantum ideal, dan simulator kuantum, kita juga akan memakai model. Perangkat nyata memiliki noise, error, dan keterbatasan. Tetapi model ideal tetap berguna sebagai langkah pertama.

3.17 Contoh Lengkap: Dari Cerita ke Persamaan

Mari kita gabungkan beberapa ide.

Masalah

Seseorang berjalan 6 m ke timur dalam 3 s, lalu 8 m ke utara dalam 4 s. Tentukan:

1. jarak total,
2. besar perpindahan,
3. waktu total,
4. kelajuan rata-rata,
5. besar kecepatan rata-rata.

Langkah 1: Pahami Besaran

Jarak total adalah panjang lintasan yang ditempuh. Ini skalar.

Perpindahan adalah vektor dari titik awal ke titik akhir.

Waktu total adalah jumlah waktu.

Kelajuan rata-rata:

$$\text{kelajuan rata-rata} = \frac{\text{jarak total}}{\text{waktu total}}$$

Besar kecepatan rata-rata:

$$|\mathbf{v}_{\text{rata-rata}}| = \frac{|\text{perpindahan}|}{\text{waktu total}}$$

Langkah 2: Hitung Jarak Total

$$s = 6 \text{ m} + 8 \text{ m} = 14 \text{ m}$$

Langkah 3: Tulis Perpindahan sebagai Vektor

Ambil timur sebagai sumbu x positif dan utara sebagai sumbu y positif.

$$\mathbf{d} = (6 \text{ m}, 8 \text{ m})$$

Besar perpindahan:

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{6^2 + 8^2} \text{ m}$$

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{36 + 64} \text{ m}$$

$$|\mathbf{d}| = \sqrt{100} \text{ m} = 10 \text{ m}$$

Langkah 4: Hitung Waktu Total

$$t = 3 \text{ s} + 4 \text{ s} = 7 \text{ s}$$

Langkah 5: Hitung Kelajuan Rata-Rata

$$\text{kelajuan rata-rata} = \frac{14 \text{ m}}{7 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$$

Langkah 6: Hitung Besar Kecepatan Rata-Rata

$$|\mathbf{v}_{\text{rata-rata}}| = \frac{10 \text{ m}}{7 \text{ s}} \approx 1,43 \text{ m/s}$$

Apa Pelajarannya?

Kelajuan rata-rata dan besar kecepatan rata-rata tidak selalu sama.

Mengapa?

Karena jarak total dan besar perpindahan tidak selalu sama.

Dalam contoh ini:

- jarak total = 14 m,
- besar perpindahan = 10 m.

Ini contoh penting tentang perbedaan skalar dan vektor.

3.18 Jembatan Menuju Aljabar Linier dan Qubit

Mungkin Anda bertanya:

> “Apa hubungan semua ini dengan komputasi kuantum?”

Hubungannya sangat besar, tetapi bertahap.

Dalam fisika dasar, vektor dapat menyatakan perpindahan atau kecepatan. Dalam aljabar linier, vektor menjadi objek matematika yang lebih umum: daftar komponen yang dapat dijumlahkan dan dikalikan dengan skalar. Dalam mekanika kuantum, keadaan sistem fisik direpresentasikan oleh vektor dalam ruang keadaan. Dalam komputasi kuantum, keadaan qubit juga direpresentasikan secara matematis sebagai vektor keadaan.

Sebagai gambaran awal, sebuah qubit ideal dapat ditulis dalam bentuk:

$$\lvert \psi \rangle = \alpha$$

Document information

Bab 3: Besaran, Satuan, Vektor, dan Cara Berpikir Fisika

| | |
|----------------------|---|
| Project | Jalur Awal Komputasi Kuantum |
| Document | Document 1.7 |
| Author | Nova |
| Verifier | Not verified |
| Downloaded | July 05, 2026 23:01 KST |
| Status | Working |
| Document link | https://theorytrace.com/projects/jalur-awal-komputasi-kuantum/documents/bab-3-besaran-satuan-vektor-dan-cara-berpikir-fisika/ |