

ELEKTRODINAMIKA



Nazaruddin Nasution

ELEKTRODINAMIKA

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

ELEKTRODINAMIKA

Nazaruddin Nasution

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

Anggota IKAPI
No. 370/JBA/2020

ELEKTRODINAMIKA

Nazaruddin Nasution

Editor :
Rintho R. Rerung

Tata Letak :
Syahrul Nugraha

Desain Cover :
Qonita Azizah

Ukuran :
B5: 18,2 x 25,7 cm

Halaman :
iii, 123

ISBN :
978-623-195-033-8

Terbit Pada :
Januari 2023

Hak Cipta 2023 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.

PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA
(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

PRAKATA

Elektrodinamika merupakan buku matakuliah wajib pada jurusan fisika sains ataupun jurusan pendidikan fisika, dalam peranannya ilmu tentang elektrodinamika terus mengalami perkembangan dan setiap perkembangan teknologi dalam kehidupan tidak terlepas dari elektrodinamika.

Secara umum elektrodinamika sudah di pelajari pada jenjang pendidikan SMA, ataupun sudah masuk juga kedalam materi fisika dasar II, namun dalam buku ini akan ada penambahan materi yang sifatnya pendalaman kajian teoritis tentang persamaan persamaan, yang tidak dijumpai pada tingkatan sebelumnya.

Kedepan materi elektrodinamika ini harus di kembangkan melalui praktikum praktikum sehingga pemanfaatan keilmuannya dapat di rasakan secara nyata. dan sebagai media pembelajaran yang lebih baik untuk memahami secara mendalam seluruh konsep konsep elektrodinamika yang pada saat ini sudah dilaksanakan dalam kehidupan sehari hari ataupun yang sedang dirancang untuk memudahkan kehidupan manusia.

Tentunya buku elektrodinamika sangat jauh dari kata sempurna, mohon masukan dan saran yang membangun oleh para pembaca ataupun mahasiswa untuk perbaikan buku elektrodinamika kedepan. Dan pada akhirnya semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca terutama mahasiswa dan mahasiswi fisika.

Medan. Januari 2023

Nazaruddin Nasution, M.Pd

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
BAB 1 VEKTOR	1
1.1 PENGERTIAN VEKTOR.....	1
1.2 PENJUMLAHAN VEKTOR	6
1.3 PENGURANGAN VEKTOR	9
1.4 PERKALIAN DOT ATAU TITIK.....	11
1.5 PERKALIAN CROS ATAU SILANG	16
1.6 ANALISIS VEKTOR.....	20
1.7 Fungsi Delta Dirac.....	23
1.8 Tiga Produk	25
1.9 Koordinat Kurvilinear	26
1.10 Teori Medan Vektor	27
1.10.1 Toerema Helmholtz	27
BAB II INDUKSI MAGNET	29
2.1. PENGERTIAN INDUKSI MAGNET	29
2.1.1. Hukum Ampere.....	31
2.2. INDUKSI MAGNET OLEH KAWAT LURUS BERARUS.....	33

2.3. KAWAT MELINGKAR BERARUS.....	39
2.4. SOLENOIDA	48
2.5. TOROIDA	60
BAB III GAYA LORENTZ	67
3.1 SEJARAH GAYA LORENTZ.....	67
3.2 GAYA LORENTZ	68
3.2.1 Kawat Lurus Berarus Memotong Medan Magnet	69
3.2.2 Gerak Partikel Bermuatan dalam Medan Magnet	75
3.2.3 Kawat Sejajar Berarus	82
BAB IV GGL INDUKSI.....	89
4.1 PENGERTIAN GGL INDUKSI	89
4.2 PERUBAHAN FLUKS MAGNET	90
4.3 KAWAT BERARUS BERGERAK MEMOTONG MEDAN MAGNET	102
4.4 PERUBAHAN ARUS DALAM KOMPONEN.....	110

BAB 1

VEKTOR

1.1 PENGERTIAN VEKTOR

Besaran vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan arah sedangkan besaran skalar adalah besaran yang memiliki nilai tetapi tidak memiliki arah. Contoh besaran vektor adalah perpindahan, kecepatan, percepatan, gaya, momentum, medan listrik dll. Dalam menyatakan besaran vektor, nilai vektor harus diikuti dengan arahnya. Misalnya, kecepatan sepeda motor 35 km/jam ke barat, mobil berpindah sejauh 50 meter ke kiri, arya menarik mobil-mobilan dengan gaya 10 N ke kiri dll. Selain itu, contoh besaran skalar adalah panjang, luas, massa, suhu dan besaran lainnya yang tidak mempunyai arah.¹

Menurut beberapa sumber mengenai pengertian vektor:

- a. Vektor merupakan himpunan besaran-besaran, di mana masing-masing besaran disebut dengan elemen vektor. (T.Sutojo:2010)²
- b. Vektor merupakan besaran yang mempunyai arah dan besaran yang dinyatakan dengan garis berarah. (Miswanto:2010)³

¹ Netty j.marlin gella & yusak i.bien, aljabar linear dasar berbasis it, 2020, deepublish, sleman, hal 52

² T.Sutojo dkk, Teori dan Aplikasi Aljabar Linear dan Matriks, (Yogyakarta : Andi Offset, 2010), hlm. 2

³ Miswanto, Diktat Analisis Vektor, (Tulungagung : IAIN Tulungagung, 2010), hlm. 1

- c. Vektor merupakan matriks yang berordo $n \times 1$ atau $1 \times n$. (Maryono:2014)⁴
- d. Menurut Sunardi dan Zenab (2014:26), besaran-besaran fisika dibedakan menjadi dua yaitu besaran skalar dan besaran vektor.⁵

Sedangkan penulisan besar suatu vektor dapat ditulis dengan menggunakan tanda mutlak pada hurufnya $|\vec{F}|$ atau dapat ditulis dengan menggunakan huruf yang dicetak miring F .

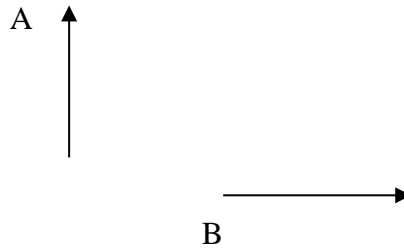
Gambar 1.1 merupakan contoh penggunaan vektor untuk menyajikan 2 mobil dengan kecepatan dan arah berbeda. Vektor A mewakili mobil yang bergerak ke arah utara dengan kecepatan 20 km/jam dan vektor B mewakili mobil yang bergerak ke arah timur dengan kecepatan 40 km/jam.

Pertama, perhatikanlah panjang kedua vektor itu. \vec{B} panjangnya adalah 1,5 kali panjang \vec{A} sebab kecepatan mobil B = 40 km/jam adalah 1,5 kali kecepatan mobil A = 20 km/jam. Dan menurut arah mata angin, jika arah \vec{U} adalah ke atas sesuai arah utara, arah timur adalah ke kanan seperti yang diarahkan oleh \vec{B} .⁶

⁴ Maryono, Program Linear Optimasi Dengan Metode Simpleks, (Tulungagung : IAIN Tulungagung Press, 2014), hlm. 32

⁵ Sunardi dan Siti Zenab. (2014). Fisika untuk SMA/MA Kelas X. Bandung : Yrama Widya

⁶ Alfred Boediman & Agus Maulana, Fisika Mekanika, 2022, Edisi Pertama, Rajagrafindo, Depok, Hal 18



Gambar 1.1 contoh vektor yaitu \vec{A} dan \vec{B}

Suatu vektor dapat dituliskan dengan memakai lambang huruf kecil yang dicetak tebal, misalnya **a**, **b**, **c**. Untuk menghindari kesulitan jika ditulis dengan tulisan tangan, suatu vektor dilambangkan dengan huruf kecil yang ditambahkan tanda panah di atas huruf tersebut. Misalnya \vec{a} \vec{b} \vec{c} Jika $\vec{a} = (x, y)$, maka panjang \vec{a} adalah sebagai berikut.

$$|\vec{a}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

atau jika $\vec{a} = (x, y, z)$ maka panjang vektor \vec{a} adalah

$$|\vec{a}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Vektor satuan adalah vektor yang panjangnya satu satuan, dituliskan

$$e = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|}$$

Panjang panah yang mewakili suatu vektor disebut panjang atau magnitud \vec{a} , yang ditulis dengan \vec{A} atau **A**. Dengan menggunakan teorema Pythagoras, panjang **A** adalah

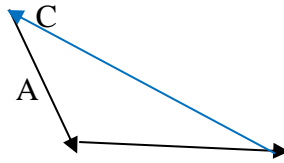
$$A = |\vec{a}| = (\mathbf{A}\{x\}^2 + \mathbf{A}\{y\}^2)^{1/2} \text{ dalam dua dimensi}$$

atau

$$A = |\vec{a}| = (\mathbf{A}\{x\}^2 + \mathbf{A}\{y\}^2 + \mathbf{A}\{z\}^2)^{1/2} \text{ dalam tiga dimensi}$$

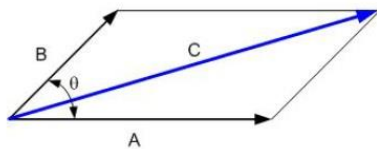
Dua \vec{A} dan \vec{B} dapat dijumlahkan secara geometri dengan 2 cara:

(1) cara segitiga, dan



B

(2) cara jajaran genjang.



Pada penjumlahan dua vektor atau lebih, berlaku kaedah-kaedah:

Kaedah komutatif: $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$

Kaedah asosiatif: $(\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C} = \vec{A} + (\vec{B} + \vec{C})$.⁷

Contoh 1.1

Terlihat dua buah vektor masing-masing $|\vec{A}|=2$ dan $|\vec{B}|=1$. Jika sudut antara kedua vektor adalah 120° maka $|\vec{A} + \vec{B}|$ sama dengan...

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

Penyelesaian:

dua buah vektor:

$$|\vec{A} + \vec{B}|^2 = |\vec{A}|^2 + |\vec{B}|^2 + 2|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta$$

karena

⁷ rinto anugraha, mekanika klasik, 2016, gadjadarmas university press, yogyakarta, hal 1-2

Dengan

$$\cos 120^\circ = \frac{1}{2}$$

$$|\vec{A} \vec{B}|^2 = (2)^2 + (1)^2 + 2(2)(1)(-1/2)$$

$$|\vec{A} \vec{B}|^2 = 4 + 1 + 2$$

$$|\vec{A} \vec{B}|^2 = 7$$

Contoh 1.2

Diberikan tiga buah vektor masing-masing sebagai berikut:

$$A = i + j + k$$

$$B = 2i - 3j + k$$

$$R = -2j - 3k$$

Jika $S = 2A - B + 3R$, maka $S = \dots$

A. $i + 2j - 7k$

B. $-i + 6k$

C. $6i + 7k$

D. $-j - 8k$

E. $j + 4k$

Penyelesaian:

$$A = i + j + k$$

$$B = 2i - 3j + k$$

$$R = -2j - 3k$$

Menentukan vektor s, harus teliti dengan tanda positif dan negatif dalam soal.

$$S = 2A - B + 3R$$

$$S = 2(i + j + k) - (2i - 3j + k) + 3(-2j - 3k)$$

$$S = 2i + 2j + 2k - 2i + 3j - k - 6j - 9k$$

$$S = 2i - 2i + 2j + 3j - 6j + 2k - k - 9k$$

$$S = -j - 8k$$

Contoh 1.4

Dua buah gaya masing-masing 10 N dan 15 N membentuk sudut 60°. Besar resultan kedua gaya tersebut adalah

a. $5\sqrt{3}$ N

- b. $5\sqrt{17}$ N
- c. $5\sqrt{19}$ N
- d. $5\sqrt{2}$ N
- e. 20,6 N

Penyelesaian:

Rumus resultan penjumlahan 2 vektor mengait sudut alias rumus cosinus abc:

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2.A.B.\cos \alpha$$

$$R^2 = 10^2 + 15^2 + 2.10.5.\cos 60$$

$$R^2 = 100 + 225 + 300 \cdot \frac{1}{2}$$

$$R^2 = 100 + 225 + 150$$

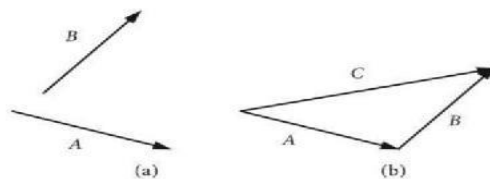
$$R^2 = 475$$

$$R = \sqrt{475} = 5\sqrt{19}$$
 N

1.2 PENJUMLAHAN VEKTOR

Sebuah vektor yang menyatakan jumlah beberapa vektor disebut dengan vektor resultan. Vektor resultan ini mempunyai satuan yang sama dengan vektor komponen pembentuknya..

Misalkan kita akan menjumlahkan vektor A dengan vektor B sehingga menghasilkan vektor C seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2. Berdasarkan aturannya, penjumlahan vektor A dengan B dapat dilakukan dengan cara meletakkan ekor vektor B di kepala vektor A.



Gambar 1.2 (a) vector A dan B. (b) vector $C = (A+B)$

Misalkan kita akan mengurangkan vektor A dengan vektor B dan menghasilkan vektor D. Secara matematis, vektor D dapat ditulis menjadi

$$D = A - B$$

Dengan melakukan manipulasi aljabar, dapat dituliskan :

$$D = A + (-B)$$

Sehingga : $A - B = A + (-B)$

Perhatikan bahwa kita menjumlahkan vektor A dengan negatif dari vektor B, yaitu vektor yang besarnya sama dengan vektor B tetapi berlawanan arah.

CONTOH SOAL :

1. Misalkan terdapat vektor $T = 10i + 12j + 14k$ dan vektor $D = 2i + 4j + 5k$. Tentukanlah penjumlahan vektor R dimana : $R = T + D$.

Penyelesaian :

$$\text{Dik : } T = 10i + 12j + 14k$$

$$D = 2i + 4j + 5k$$

Jawab : $R = T + D$

$$R = (10i + 12j + 14k) + (2i + 4j + 5k)$$

Dengan menjumlahkan masing-masing komponen, maka vektor R adalah :

$$R = (10 + 2)i + (12 + 4)j + (14 + 5)k$$

$$R = 12i + 16j + 19k$$

2.

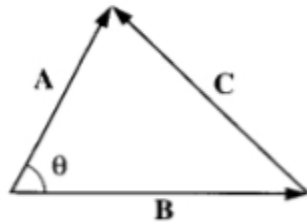


Figure 1.7

Let $C = A - B$ (Fig. 1.7), and calculate the dot product of C with itself.

Solution:

$$C \cdot C = (A - B) \cdot (A - B) = (A \cdot A) - (A \cdot B) - (B \cdot A) + (B \cdot B)$$

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos \theta$$

This is the law of cosines.

3. Tentukan turunan arah dari $\phi = x^2yz + 4xz^2$ dalam arah vektor $2i - j - 2k$ pada $(1, -2, -1)$

Solusi : let $\phi = x^2yz + 4xz^2$ menjadi fungsi yang diberikan membedakan sebagian kita dapatkan⁸

⁸ A TEXT BOOK OF B.SC MATHEMATICS RING THEORY & VECTOR CALCULUS, 2018, edisi pertama, s.chand publishing, india. https://books.google.co.id/books/about/A_Textbook_of_B_Sc_Mathematics_Ring_Theo.html?id=B7ucEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = 2xyz + 4z^2, \frac{\partial \phi}{\partial y} = x^2z, \frac{\partial \phi}{\partial z} = x^2y + 8xz$$

$$\text{Grad } \phi = \nabla \phi = \frac{\partial \phi}{\partial x} i + \frac{\partial \phi}{\partial y} j + \frac{\partial \phi}{\partial z} k = (2xyz + 4z^2)i + (x^2z)j + (x^2y + 8xz)k$$

Didapat vektor $2i-j-2k$

$$\begin{aligned} e &= \frac{2i-j-2k}{\sqrt{4+1+4}} = \frac{2i-j-2k}{3} \\ &= \nabla \phi = 2(2xyz + 4z^2) - (x^2z) - 2(x^2y + 8xz) \\ &= (1, -2, -1) \\ &= 8+1+20 \\ &= 29 \end{aligned}$$

1.3 PENGURANGAN VEKTOR

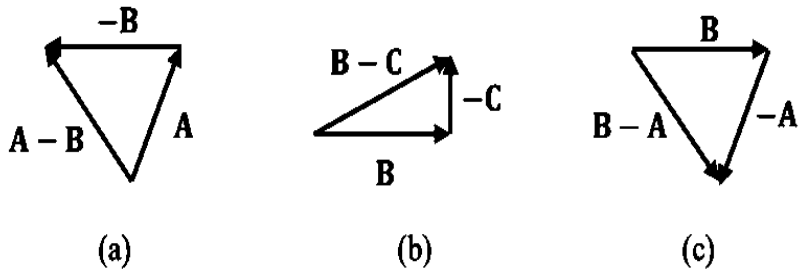
Pengurangan vektor adalah penjumlahan suatu vektor dengan vektor negatif. Jika vektor A dikurangi dengan vektor B maka sama dengan vektor A ditambah dengan negatif dari vektor B

$$A-B = A + (-B)$$

Negatif dari vektor B yaitu vektor -B adalah suatu vektor yang memiliki nilai sama dengan vektor B namun berlawanan arah. Pada gambar di bawah di tampilkan vektor A, B, C dan negatif dari vektor A, B, C tersebut



Dengan menggunakan vektor negatif, prosedur pengurangan vektor secara prinsip sama dengan penambahan vektor, berikut ini diperlihatkan hasil dari pengurangan vektor: $A-B$, $B-C$, dan $B-A$



Jika vektor dapat dinyatakan dalam vektor-vektor komponennya, pengurangan vektor dapat dilakukan secara matematis. Misalnya

$$A = A_x \hat{i} + A_y \hat{j}$$

$$B = B_x \hat{i} + B_y \hat{j}$$

Maka pengurangan vektor A dengan vektor B

$$A - B = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} - B_x \hat{i} - B_y \hat{j}$$

$$= A_x \hat{i} - B_x \hat{i} + A_y \hat{j} - B_y \hat{j}$$

$$= (A_x - B_x) \hat{i} + (A_y - B_y) \hat{j}$$

Contoh Soal

Sebuah pesawat terbang menempuh jarak 150 km dalam arah garis lurus membentuk sudut 30° ke timur dari arah utara, berapa jauh ke utara dan berapa jauh ke timur dari titik asal jarak yang ditempuh pesawat itu?

Penyelesaian:

Ke utara

$$A_y = a \cos 30^\circ$$

$$\begin{aligned}
&= a \frac{1}{2} \sqrt{3} \\
&= 150 \frac{1}{2} \sqrt{3} \\
&= 75\sqrt{3}
\end{aligned}$$

Ke timur

$$\begin{aligned}
A_x &= a \sin [30]^\circ \\
&= a \frac{1}{2} \\
&= 150 \frac{1}{2} \\
&= 75
\end{aligned}$$

Seorang peserta lomba perahu kano mendayung perahu kanonya dengan kecepatan tetap 2,6 m/s di sungai yang kecepatan arus 3,2 m/s berapa nilai kecepatan yang merupakan rentang nilai resultan kecepatan perahu dan kecepatan sungai

Penyelesaian:

$$V_1 = 2,6 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 3,2 \text{ m/s}$$

$$|V_1 - V_2| \leq V_r \leq |V_1 + V_2|$$

$$|2,6 - 3,2| \leq V_r \leq |2,6 + 3,2|$$

$$0,6 \text{ m/s} \leq V_r \leq 5,8 \text{ m/s}$$

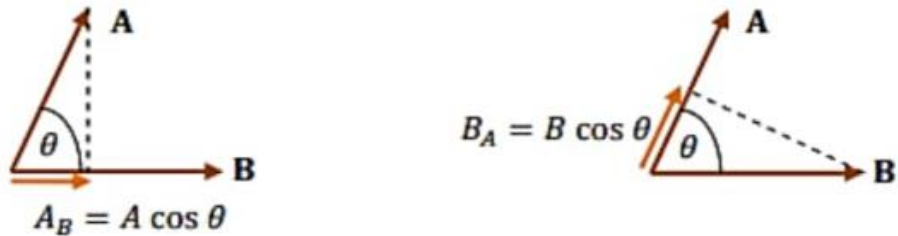
Jadi, rentang nilai resultan adalah $0,6 \text{ m/s} \leq V_r \leq 5,8 \text{ m/s}$

1.4 PERKALIAN DOT ATAU TITIK

Perkalian dot merupakan perkalian dua buah vektor yang menghasilkan sebuah skalar. Jenis perkalian ini bersifat komutatif. Perkalian titik vektor A dan vektor B didefinisikan sebagai:

$$A \cdot B = AB \cos \theta$$

Dengan θ adalah sudut yang dibentuk oleh kedua vektor tersebut. Interpretasi geometris perkalian titik vektor A dan vektor B adalah perkalian skalar antara panjang vektor B dengan panjang proyeksi vektor A pada vektor B atau perkalian skalar antara panjang vektor A dengan panjang proyeksi vektor B pada vektor A



Gambar 1.4 (a) $A \cdot B = (A \cos \theta)B$ (b) $A \cdot B = A(B \cos \theta)$

Jika vektor A dan vektor B dinyatakan dengan dalam vektor satuan, maka perkalian titiknya diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A \cdot B &= (A_x I + A_y J) (B_x I + B_y J) \\ &= A_x B_x (I \cdot I) + A_x B_y (I \cdot J) + A_y B_x (J \cdot I) + A_y B_y (J \cdot J) \\ &= A_x B_x + A_y B_y \end{aligned}$$

Sedangkan hasil perkalian titik vektor A dengan dirinya sendiri, maka:

$$\begin{aligned} A \cdot A &= (A_x I + A_y J) (A_x I + A_y J) \\ &= A_x A_x (I \cdot I) + A_x A_y (I \cdot J) + A_y A_x (J \cdot I) + A_y A_y (J \cdot J) \\ &= A_x^2 + A_y^2 \\ &= A^2 \end{aligned}$$

Perkalian titik dapat digunakan untuk menentukan sudut yang dibentuk oleh kedua vektor, yaitu:

$$\cos \theta = \frac{A \cdot B}{AB}$$

Beberapa sifat-sifat perkalian titik:

a. $A \cdot B = B \cdot A$

b. $A \cdot A = A^2$

c. $I \cdot I = J \cdot J = k \cdot k = (1)(1) \cos 0 = 1$

d. $I \cdot J = J \cdot k = k \cdot I = (1)(1) \cos 90^\circ = 0$

e. Vektor A and B saling tegak lurus jika $A \cdot B = 0$ dan A dan B bukan nol

Contoh Soal 1.4.1

Dua buah vektor A dan B merupakan vector 3 D pada koordinat kartesian. Jika vektor $A = 5i + 3j + 7k$ dan vektor $B = 12i - 3j + k$. Maka tentukan panjang masing-masing vektor, hasil perkalian titik AB, dan besar sudut yang dibentuk oleh kedua vektor tersebut.

Solusi:

$$A = 5i + 3j + 7k$$

$$B = 12i - 3j + k$$

Ditanya : Panjang vektor, hasil perkalian titik dan besar sudut?

Menentukan panjang vektor atau besar sudut dari masing-masing vektor:

$$\text{Vektor } A = 5i + 3j + 7k$$

$$|A| = \sqrt{5^2 + 3^2 + 7^2} = \sqrt{83} = 9,11$$

$$\text{Vektor } B = 12i - 3j + k$$

$$|B| = \sqrt{12^2 + (-3)^2 + (-1)^2} = \sqrt{154} = 12,4$$

Jadi panjang vektor A adalah 9,11. Sedangkan panjang vektor B adalah 12,4.

Menentukan hasil perkalian titik:

DAFTAR PUSTAKA

- A.B Bhattacharya & Atanu Nag, “*Physics Introduction to Electromagnetic Theory*”, 2021, Edisi Pertama, Engineering and Computer Books, New Delhi.
- Abdullah, Mikrajuddin. “*Fisika Dasar II*”, 2017, ITB Press, Bandung.
- Abraham, Tefa.”*Rencana Pelaksanaan Pembelajaran*”. Jurnal Guru Berbagi.
- Alfred Boediman & Agus Maulana, “*Fisika Mekanika*”, 2022, Edisi Pertama, Rajagrafindo, Depok.
- Anugraha, Rinto, “*Mekanika Klasik*”, 2016, Gadjra Mada University Press, Yogyakarta.
- Daton, Goris Seran, dkk. “*Fisika*”, 2007, Grasindo, Jakarta.
- Djufri, Idham A, “*Transformator*”, 2022, CV Budi Utama, Yogyakarta.
- Eduka, the King., “*Master Kisi-Kisi Sbmptn Saintek*”, 2019, Cmedia, Jakarta Selatan.
- Fauzi, Ahmad, “*Fisika*”, 2008, Grafindo Media Pratama, Bandung.
- Griffiths, David Jeffrey, “*Introduction to Electrodynamics*”, 1999, Prentice Hall, New Jersey.
- Hudallah, Noor,”*Rancang Bangun Sistem Pneumatis Untuk Pengembangan Modul-Modul Gerak Otomatis Sebagai Media Pembelajaran*”, Jurnal Teknik Elektro Vol 2 No 1 (2010).
- Kamajaya, , “*Cerdas Belajar Fisika*”, 2007, Grafindo, Bandung.

- Maryani, Ika ,Dkk, “*Modul Perkuliahan Ipa Lanjut Fisika Dasar Untuk Pgsd*, Edisi Pertama”, 2021, K-Media, Yogyakarta.
- Maryati,Yati,”*Pengembangan Dan Modifikasi Sistem Pengukuran Suseptibilitas Dan Permeabilitas Bahan Magnet*”, Jurnal Material Dan Energi Indonesia, Vol 08 No 02 (2018).
- Maryono, “*Program Linear Optimasi Dengan Metode Simpleks*”, 2014, IAIN Tulungagung Press, Tulungagung.
- McROBBIE, Donald,w., ”*Essentials Of Mri Safety*”, 2020, Disclaimer Of Warranty, India.
- Mehta,V.K & Rohit Mehta, "*S.Chand's Principles of Physics*", 2013, S.Chand Scoll, India.
- Miswanto, “*Diktat Analisis Vektor*”, 2010, IAIN Tulungagung, Tulungagung.
- Muliawan, Arief,” *Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) Dan Logam Mangan (Mn) Pada Lempung Terhadap Perubahan Arus Listrik Dalam Solenoida*”, Jurnal Dinamika Vol 06 No 2 (2015).
- Naim, Muhammad, "*Teori Dasar Listrik Dan Elektronika*", 2022, PT. Nasya Expanding Management, Jawa Tengah.
- Netty J.marlin Gella & Yusak I.Bien, “*Aljabar Linear Dasar Berbasis IT*”, 2020, deepublish,sleman.
- Pambuka,Rengga Nghesti & Rahardjo, Dwi Teguh. “*Pembuatan Alat Eksperimen Induksi Magnet Pada Toroida Menggunakan Arduino dan Hall Effect Sensor*”. Jurnal Universitas Sebelas Maret.

- Quil, Jhon, "*Exam Success in Physics : for Cambridge internstional AS & A Level*", 2018, Oxford University Press, Inggris.
- Rismaningsih, Febri dkk, "*Fisika Magnet Untuk Teknik*", 2022, Media Sains Indonesia, Bandung.
- Robert G. Mortimer, "*Physical Chemistry*", 2008, Third Edition, Elsevier, London.
- Ruwanto, Bambang "*FISIKA*" 2017, Cetakan Pertama, Yudistira Anggota IKAPI
- S. Chand, "*A Text Book Of B.Sc Mathematics Ring Theory & Vector Calculus*", 2018, edisi pertama, s.chand publishing, India.
- Sendari, Siti, dkk, "*Sensor Tranduser*", 2021, Edisi Pertama, Ahlimedia Pres Malang.
- Sunardi dan Siti Zenab, "*Fisika Untuk SMA/MA Kelas X*", 2014, Yrama Widya, Bandung.
- Sunardi, dkk. "*Fisika*", 2016, Yrama Widya, Bandung.
- Surya yohanes, , "*IPA Fisika Gasing*", 2006, Grasndo, Bandung.
- Suryatin, Budi. "*Fisika*", 2008, Grasindo, Jakarta.
- Sutomo, Shindu, "*Medan Magnet*", Jurnal enprist, UNDIP.
- Sutria, Yuna & Masringgit Marwiyah Nst, "*Fisika Terapan*", 2022, Media Sains Indonesia, Bandung.
- T.Sutojo dkk, "*Teori dan Aplikasi Aljabar Linear dan Matriks*", 2010, Andi Offset, Yogyakarta.
- Umar, Efrizon, "*Buku Pintar Fisika*", 2018, Media Puspindo, Jakarta.
- Wiley, "*Physics Eleven*", 2018.

- Wilson, Jerry D, Dkk., “*College Physics Essentials*”, 2020, Taylor & Francis Group, Florida.
- Yaz, M. Ali. “*Fisika*”, 2007, Yudhistira, Jakarta.
- Young, David & Shane Stadler, “*Physics 10e*”, 2015, Quad Graphics, Amerika Serikat.
- Young, David & Shane Stadler, “*Physics*”., 2019, HMH, USA.
- Zill Dennis G & Michael R. Cullen, “*Advanced Engineering Mathematics*”, Jones and Bartlet Published, Sudbury.



Tentang Penulis

Nazaruddin Nasution, M.Pd

Lahir di Binjai 21 April 1987, anak dari pasangan Alm Akhmad Kholidi Nasution dan Ibu Rohana. Saat ini penulis merupakan ayah dari Muhammad Alfatih, Raesha Az zahhra dan Muhammad Alfaqih dan Istri bernama Aida Fitri. Riwayat Pendidikan lulus SD N023908 Binjai. Lulus SMP N 5 Binjai, Lulus SMA N 2 Binjai, Pada tahun 2005 Melanjutkan studi ke Universitas Negeri Medan Lulus sarjana pada tahun 2009 dan pada tahun 2011 Melanjutkan Magister Pendidikan dan lulus pada tahun 2013. Mengajar di UINSU Medan sejak 2015 sampai dengan sekarang, pada saat ini mengambil program keahlian di ilmu Elektrodinamika.

Elektrodinamika secara umum diartikan sebagai ilmu yang mempelajari gejala kemagnetan yang timbul akibat adanya aliran arus listrik yang disebut dengan Induksi magnet, adapun induksi magnet yang di bahas dalam buku ini berasal dari kawat lurus, kawat melingkar, solinoida dan terioda. Selain membahas medan magnet yang timbul akibat aliran listrik yang mengalir dalam elektromagnetik ini juga di bahas bagaimana suatu sumber listrik bisa tercipta dari perubahan medan magnetik yang menghasilkan GGL. Dan dalam penerapannya ggl ini akan berkembang pencabarannya dalam pembahasan konsep konsep kelistrikan lainnya. Pada akhirnya dalam melengkapi cakupan bahasan elektrodinamika tidak luput juga di bahas mengenai gaya gaya yang timbul, dan gejala gejala kelistrikan yang mengenai aliran listrik arus bolak balik, yang sering dikenal dengan Rangkaian Resistor, Induktor dan Kapasitor.

Tentang Penulis



Nazaruddin Nasution

Lahir di Binjai 21 April 1987, anak dari pasangan Alm Akhmad Kholidi Nasution dan Ibu Rohana. Saat ini penulis merupakan ayah dari Muhammad Alfatih, Raesha Az zahra dan Muhammad Alfaqih dan Istri bernama Aida Fitri. Riwayat Pendidikan lulus SD N023908 Binjai. Lulus SMP N 5 Binjai, Lulus SMA N 2 Binjai, Pada tahun 2005 Melanjutkan studi ke Universitas Negeri Medan Lulus sarjana pada tahun 2009 dan pada tahun 2011 Melanjutkan Magister Pendidikan dan lulus pada tahun 2013. Mengajar di UINSU Medan sejak 2015 sampai dengan sekarang, pada saat ini mengambil program keahlian di ilmu Elektrodinamika.

Untuk akses **Buku Digital**,
Scan **QR CODE**



Media Sains Indonesia
Melong Asih Regency B.40, Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
Email : penerbit@medsan.co.id
Website : www.medsan.co.id

