

Implementasi Vektor dalam Analisis Gaya dan Gerak Pada Sistem Fisika

Lely Elvina Tumangger¹, Marsius Situmorang², Frans Lumbantoruan³, Sherana br Pandia⁴, Ridholy Marturia Situmorang⁵, Abdul Muin Sibuea⁶, Selly Annisa Binti Zulkairnain⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universitas Negeri Medan

E-mail: lelytumangger4@gmail.com¹, marsiussitumorang5@gmail.com²,
fransaril17@gmail.com³, ridholysitumorang761@gmail.com⁵, abdulmuin@gmail.com⁶,
sellyannisa@gmail.com⁷

Article Info

Article history:

Received March 25, 2026

Revised March 26, 2026

Accepted March 29, 2026

Keywords:

Vector, Force, Motion, Linear Algebra, Dot Product

ABSTRACT

This study aims to examine the implementation of vector concepts in analyzing force and motion in physical systems as a practical application of Linear Algebra. The method used is a Team-Based Project (TBP) approach, involving collaborative work to analyze a physics case of an object subjected to two forces in a two-dimensional plane. The analysis process includes vector decomposition into Cartesian components, vector addition to determine the resultant force, and the use of dot product to calculate work and identify the angle between forces. The results show that the resultant force is approximately 25 N with a direction of about 66.88°, and the work performed is 118.07 Joules. Furthermore, the dot product value of zero indicates that the two forces are orthogonal. These findings demonstrate that vector concepts are highly effective in simplifying complex physical problems into systematic and measurable analyses. Therefore, understanding vectors is not only theoretically important but also plays a significant role in solving practical problems in engineering and science.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received March 25, 2026

Revised March 26, 2026

Accepted March 29, 2026

Kata Kunci:

Vektor, Gaya, Gerak, Aljabar Linear, Dot Product

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji implementasi konsep vektor dalam analisis gaya dan gerak pada sistem fisika sebagai aplikasi nyata dari Aljabar Linear. Metode yang digunakan adalah pendekatan Team Based Project (TBP) yang melibatkan kerja kolaboratif dalam menganalisis suatu kasus fisika, yaitu sebuah benda yang dikenai dua gaya dalam bidang dua dimensi. Proses analisis dilakukan melalui dekomposisi vektor ke dalam komponen kartesian, penjumlahan vektor untuk memperoleh gaya resultan, serta penggunaan dot product untuk menghitung usaha dan menentukan sudut antar gaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya resultan yang diperoleh sebesar ±25 N dengan arah sekitar 66,88°, serta usaha yang dilakukan sebesar 118,07 Joule. Selain itu, nilai dot product yang bernilai nol membuktikan bahwa kedua gaya bersifat ortogonal. Temuan ini

menunjukkan bahwa konsep vektor sangat efektif dalam menyederhanakan analisis permasalahan fisika yang kompleks menjadi lebih sistematis dan terukur. Dengan demikian, pemahaman vektor tidak hanya penting secara teoritis, tetapi juga memiliki peran signifikan dalam penyelesaian masalah teknik dan sains secara praktis.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Lely Elvina Tumangger
Universitas Negeri Medan
E-mail: lelytumangger4@gmail.com

PENDAHULUAN

Aljabar Linear merupakan cabang matematika yang memiliki peran sangat vital dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk fisika, teknik, komputer, dan ekonomi. Salah satu konsep paling fundamental dalam Aljabar Linear adalah vektor—sebuah besaran yang memiliki nilai (magnitude) sekaligus arah. Berbeda dengan skalar yang hanya memiliki besar, vektor mampu merepresentasikan fenomena dunia nyata secara lebih lengkap dan akurat.

Dalam konteks sistem fisika, vektor menjadi bahasa utama untuk mendeskripsikan gaya, kecepatan, percepatan, dan perpindahan suatu benda. Ketika sebuah jembatan menerima beban dari berbagai arah, atau ketika sebuah roket meluncur dengan sudut tertentu, semua fenomena ini hanya dapat dianalisis secara tepat menggunakan representasi vektorial.

Terdapat tiga kebutuhan mendasar yang mendorong pentingnya pemahaman vektor dalam teknik:

1. Representasi Multidimensi: Vektor memungkinkan kita untuk merepresentasikan gaya-gaya yang bekerja secara simultan dalam ruang dua atau tiga dimensi, sehingga analisis sistem menjadi jauh lebih komprehensif dibandingkan pendekatan skalar sederhana.
2. Dekomposisi Komponen: Setiap gaya atau gerak yang kompleks dapat diurai menjadi komponen-komponen sepanjang sumbu koordinat, menyederhanakan perhitungan menjadi operasi-operasi yang lebih terstruktur dan sistematis.
3. Skalabilitas Komputasi: Operasi vektor—seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian titik (dot product), dan perkalian silang (cross product)—dapat diimplementasikan dengan efisien menggunakan perangkat lunak komputasi modern seperti MATLAB dan Python (NumPy), memungkinkan analisis sistem berskala besar.

Team Based Project ini dirancang agar mahasiswa dapat memahami vektor bukan sekadar objek matematis abstrak, melainkan sebagai alat analisis konkret yang digunakan untuk memecahkan masalah-masalah teknis nyata, mulai dari perhitungan gaya pada struktur bangunan, analisis gerak proyektil, hingga simulasi dinamika robot dalam sistem otomasi industri.



KAJIAN PUSTAKA, DUKUNGAN DATA, DAN INFORMASI AWAL

1) Definisi Vektor

Vektor adalah besaran matematis yang memiliki besar (magnitude) dan arah. Secara umum, vektor v di ruang berdimensi n dinyatakan sebagai:

$$v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n) \text{ atau } v = v_1i + v_2j + v_3k \text{ (dalam ruang 3D)}$$

Besar vektor v dihitung menggunakan norma Euclidean: $|v| = \sqrt{(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2)}$

2) Jenis-Jenis Vektor

- Vektor Nol (0): Vektor yang semua komponennya bernilai 0 dan tidak memiliki arah yang terdefinisi.
- Vektor Satuan (unit vector): Vektor dengan besar = 1, diperoleh dengan $\hat{u} = v / |v|$.
- Vektor Posisi: Vektor yang menunjukkan posisi suatu titik relatif terhadap titik asal.
- Vektor Sejajar: Dua vektor yang memiliki arah sama atau berlawanan (salah satunya merupakan kelipatan skalar dari yang lain).
- Vektor Tegak Lurus (Ortogonal): Dua vektor yang nilai dot product-nya sama dengan nol.

3) Operasi Dasar Vektor

- Penjumlahan/Pengurangan: $u \pm v = (u_1 \pm v_1, u_2 \pm v_2, u_3 \pm v_3)$. Hanya berlaku pada vektor berdimensi sama.
- Perkalian Skalar: $k \cdot v = (kv_1, kv_2, kv_3)$. Mengubah besar vektor tanpa mengubah arah (jika $k > 0$).
- Dot Product (Perkalian Titik): $u \cdot v = u_1v_1 + u_2v_2 + u_3v_3 = |u||v|\cos \theta$. Menghasilkan skalar.
- Cross Product (Perkalian Silang): $u \times v =$ vektor tegak lurus terhadap bidang u dan v , dengan besar $|u||v|\sin \theta$. Hanya berlaku di ruang 3D.

4) Proyeksi Vektor

- Proyeksi vektor u pada vektor v adalah:
- $\text{proj}_v(u) = (u \cdot v / |v|^2) \cdot v$
- Proyeksi ini merepresentasikan komponen vektor u dalam arah vektor v , dan sangat berguna dalam dekomposisi gaya pada sistem fisika.

5) Usaha (Work) dan Dot Product

- Dalam fisika, usaha yang dilakukan oleh gaya F sepanjang perpindahan d dinyatakan sebagai:
- $W = F \cdot d = |F||d|\cos \theta$
- Ini adalah salah satu aplikasi langsung dot product dalam konteks teknik dan fisika

PROSEDUR

Team Based Project ini dibagi menjadi 3 fase kerja tim:

1. Fase Inisialisasi (Penentuan Kasus)



- Tim menetapkan satu skenario fisika nyata: Sebuah kotak bermassa 10 kg ditarik oleh dua gaya secara bersamaan dalam ruang 2D.
 - Gaya pertama (F_1) bekerja dengan besar 20 N ke arah sudut 30° terhadap sumbu-x horizontal.
 - Gaya kedua (F_2) bekerja dengan besar 15 N ke arah sudut 120° terhadap sumbu-x horizontal.
 - Data disusun dalam representasi vektor komponen kartesian untuk memudahkan komputasi.
2. Fase Komputasi (Operasi Vektor)
- Mendekomposisi setiap gaya menjadi komponen horizontal (x) dan vertikal (y) menggunakan fungsi trigonometri.
 - Melakukan penjumlahan vektor $F_1 + F_2$ untuk mendapatkan gaya resultan (FR).
 - Menghitung besar dan arah gaya resultan menggunakan norma vektor dan fungsi atan2.
 - Menghitung usaha yang dilakukan oleh gaya resultan jika benda berpindah sejauh $d = (5, 3)$ meter menggunakan dot product.
 - Menghitung sudut antara F_1 dan F_2 menggunakan definisi dot product: $\cos \theta = (F_1 \cdot F_2) / (|F_1||F_2|)$.
3. Fase Verifikasi
- Mengecek hasil perhitungan manual dengan hasil komputasi menggunakan Microsoft Excel dan/atau Python NumPy.
 - Memvisualisasikan vektor-vektor gaya dalam diagram vektor untuk konfirmasi geometris.
 - Mendokumentasikan seluruh langkah komputasi dan hasilnya dalam laporan terstruktur.

HASIL KEGIATAN

Data dan Perhitungan

Data Gaya:

- ❖ Gaya F_1 : Besar = 20 N, arah $\theta_1 = 30^\circ$ terhadap sumbu-x positif
- ❖ Gaya F_2 : Besar = 15 N, arah $\theta_2 = 120^\circ$ terhadap sumbu-x positif
- ❖ Vektor Perpindahan: $d = (5, 3)$ meter

Langkah 1 — Dekomposisi Vektor ke Komponen Kartesian:

Gaya	Komponen-x	Komponen-y
F_1	$F_{1x} = 20 \cos(30^\circ) = 20 \times 0.866 = 17.32 \text{ N}$	$F_{1y} = 20 \sin(30^\circ) = 20 \times 0.5 = 10.00 \text{ N}$
F_2	$F_{2x} = 15 \cos(120^\circ) = 15 \times (-0.5) = -7.50 \text{ N}$	$F_{2y} = 15 \sin(120^\circ) = 15 \times 0.866 = 12.99 \text{ N}$
F_R	$FR_x = 17.32 + (-7.50) = 9.82 \text{ N}$	$FR_y = 10.00 + 12.99 = 22.99 \text{ N}$

Langkah 2 — Besar dan Arah Gaya Resultan:

$$|FR| = \sqrt{(FR_x^2 + FR_y^2)} = \sqrt{(9.82^2 + 22.99^2)} = \sqrt{(96.43 + 528.54)} = \sqrt{624.97} \approx 24.99 \text{ N}$$
$$\theta_R = \arctan(FR_y / FR_x) = \arctan(22.99 / 9.82) = \arctan(2.342) \approx 66.88^\circ$$

Langkah 3 — Usaha oleh Gaya Resultan (Dot Product):

$$W = F_R \cdot d = (FR_x \times d_x) + (FR_y \times d_y)$$
$$W = (9.82 \times 5) + (22.99 \times 3)$$
$$W = 49.10 + 68.97 = 118.07 \text{ Joule}$$

Interpretasi: Gaya resultan sebesar ± 25 N melakukan usaha sebesar 118.07 Joule pada benda yang berpindah 5 meter horizontal dan 3 meter vertikal.

Langkah 4 — Sudut antara F_1 dan F_2 (Dot Product):

$$F_1 \cdot F_2 = F_{1x}F_{2x} + F_{1y}F_{2y} = (17.32)(-7.50) + (10.00)(12.99)$$
$$F_1 \cdot F_2 = -129.90 + 129.90 = 0.00$$
$$\cos \theta = 0.00 / (20 \times 15) = 0.00 \rightarrow \theta = 90^\circ$$

Interpretasi: Nilai dot product sama dengan nol membuktikan bahwa F_1 dan F_2 adalah dua vektor yang saling tegak lurus (ortogonal), sesuai dengan selisih sudut $120^\circ - 30^\circ = 90^\circ$.

PENUTUP

Kesimpulan

Vektor bukan sekadar pasangan atau tripel bilangan dalam tanda kurung, melainkan sebuah instrumen matematis yang sangat powerful untuk merepresentasikan fenomena fisika multidimensional secara tepat dan efisien. Proyek ini membuktikan bahwa pemahaman mendalam mengenai operasi vektor memungkinkan kita untuk menyelesaikan permasalahan teknik nyata—dari analisis gaya pada struktur hingga perhitungan usaha dalam sistem dinamika—dengan pendekatan yang sistematis dan terverifikasi.

Melalui kasus analisis dua gaya ($F_1 = 20$ N pada 30° dan $F_2 = 15$ N pada 120°), tim berhasil mendemonstrasikan bahwa dekomposisi vektor ke komponen kartesian adalah langkah kunci yang mengubah masalah trigonometri kompleks menjadi operasi aritmatika sederhana yang dapat dihitung secara langsung. Penjumlahan vektor menghasilkan gaya resultan sebesar ± 25 N pada sudut $\pm 67^\circ$, sementara dot product tidak hanya berhasil menghitung usaha sebesar 118.07 Joule, tetapi juga mengungkap fakta geometris bahwa kedua gaya awal saling tegak lurus sebuah wawasan yang tidak dapat diperoleh dari pendekatan skalar semata.

Secara keseluruhan, integrasi antara teori Aljabar Linear dengan perangkat komputasi (Excel/Python) terbukti mampu mempercepat proses verifikasi dan meminimalisir human error. Penguasaan konsep vektor—beserta operasi-operasinya—merupakan fondasi yang tidak tergantikan bagi pengembangan studi lanjut di bidang mekanika struktur, robotika, pemrosesan sinyal digital, maupun kecerdasan buatan.

Rekomendasi

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk memperluas analisis ke ruang tiga dimensi (3D) dengan menggunakan cross product untuk menghitung momen gaya (torsi) pada sistem mekanik. Selain itu, eksplorasi konsep ruang vektor (vector space), basis, dan transformasi linear akan membuka pintu pemahaman yang lebih dalam mengenai fondasi matematis dari bidang Computer Graphics, Machine Learning, dan Analisis Struktur berbasis



Metode Elemen Hingga (FEM).

DAFTAR PUSTAKA

- Hibbeler, R. C. (2016). Engineering Mechanics: Statics & Dynamics (14th ed.). Pearson Education.
- Stran, G. (2016). Introduction to Linear Algebra (5th ed.). Wellesley- Cambridge Press.
- Anton, H., & Rorres, C. (2013). Elementary Linear Algebra: Applications Version (11th ed.). John Wiley & Sons.