

PENERAPAN ALJABAR VEKTOR DALAM SIMULASI NAVIGASI PETA 2D (STUDI KASUS: RUTE PERJALANAN UNARS MENUJU WISATA KK26)

Dila Wulandari¹⁾, Siti Aisyah²⁾, Hanina Assegaf³⁾, Rike Andika Aris Susanti⁴⁾,
Desi Indriyani^{5*)}.

^{1,2,3,4,5} Matematika, Fakultas Pertanian, Sains, dan Teknologi, Universitas Abdurachman Saleh
Situbondo

*Email Korespondensi : desi.indriyani@unars.ac.id

Abstrak

Aljabar vektor merupakan salah satu konsep dasar dalam matematika yang banyak diterapkan pada bidang navigasi karena mampu merepresentasikan posisi, arah, dan perpindahan suatu objek. Meskipun demikian, penerapan konsep aljabar vektor dalam pembelajaran masih didominasi oleh penyelesaian masalah yang bersifat teoritis, sehingga diperlukan implementasi pada permasalahan nyata. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan operasi aljabar vektor dalam menentukan arah perpindahan dan panjang lintasan pada simulasi navigasi peta 2D, serta menyajikan visualisasi navigasi peta 2D dari UNARS menuju Wisata KK26 menggunakan representasi vektor. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan studi kasus pada dua rute perjalanan yang dipilih sebagai objek penelitian. Data diperoleh dari koordinat titik-titik penting pada masing-masing rute yang kemudian dikonversi ke sistem koordinat Kartesius 2D. Analisis dilakukan melalui representasi vektor setiap ruas, perhitungan panjang lintasan menggunakan norma Euclidean, penentuan vektor perpindahan, serta perhitungan arah perpindahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rute 1 memiliki total panjang lintasan sebesar 5,263 km dengan besar perpindahan 4,773 km, sedangkan Rute 2 memiliki panjang lintasan 7,254 km dengan besar perpindahan 4,776 km. Kedua rute memiliki arah perpindahan yang didominasi ke arah utara dengan sedikit pergeseran ke arah timur, namun Rute 1 memiliki lintasan yang lebih pendek sehingga lebih efisien dibandingkan Rute 2.

Kata kunci: Aljabar vektor, simulasi navigasi 2D, vektor perpindahan, panjang lintasan.

Abstract

Vector algebra is a fundamental concept in mathematics widely applied in navigation to represent an object's position, direction, and displacement. This study aims to apply vector algebra operations to determine displacement direction and route length in a two-dimensional (2D) navigation simulation and to visualize travel routes from the University of Abdurachman Saleh Situbondo to the KK26 Tourist Destination using vector representation. A quantitative descriptive case study was conducted using two travel routes. Coordinate data from key locations along each route were converted into a 2D Cartesian coordinate system and analyzed through vector representation, Euclidean norm calculations, displacement vectors, and displacement directions. The results show that Route 1 has a total route length of 5.263 km with a displacement magnitude of 4.773 km, while Route 2 has a route length of 7.254 km with a displacement magnitude of 4.776 km. Although both routes have similar displacement directions, predominantly northward with a slight eastward deviation, Route 1 provides a shorter and more efficient travel path than Route 2.

Keywords: Vector Algebra, 2D navigation simulation, Displacement vector, Route length.

PENDAHULUAN

Aljabar adalah cabang ilmu matematika yang mempelajari konsep penyederhanaan pemecahan masalah menggunakan simbol (Kismanti & Indriyani, 2021). Sedangkan Aljabar vektor juga merupakan cabang ilmu matematika yang digunakan untuk memanipulasi vektor dengan metode-metode aljabar (Kosasih, 2016). Seiring perkembangan teknologi digital saat ini, aljabar vektor digunakan dalam berbagai inovasi dalam pemetaan, navigasi, dan pemodelan spasial. Dalam sistem navigasi, aljabar vektor yang digunakan untuk merepresentasikan posisi, arah, dan perpindahan arah.

Vektor merupakan besaran yang memiliki magnitudo dan arah, di mana panjang anak panah merepresentasikan besar vektor, sedangkan orientasi anak panah menunjukkan arah vektor tersebut. Konsep vektor dalam navigasi mampu menggambarkan rute perjalanan sebagai rangkaian titik koordinat yang saling terhubung, sehingga dapat dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan jarak, perubahan arah, dan efisiensi rute. Dengan demikian, konsep vektor akan sangat bermanfaat jika digunakan dalam efisiensi rute seperti tempat wisata.

Universitas Abdurachman Saleh Situbondo (UNARS) dan Wisata KK26 merupakan dua lokasi yang terhubung melalui beberapa pilihan jalur transportasi. Wisata KK26 merupakan wisata unik di dusun yang hanya memiliki 26 Kepala Keluarga (KK) Desa Olean Kecamatan Situbondo (Indriyani dkk., 2025). Banyak rute yang dapat ditempuh dari UNARS menuju Wisata KK26 dan dari semua rute yang ada tentunya memiliki jarak tempuh yang berbeda. Dalam penelitian ini, rute dari UNARS menuju Wisata KK26 dimodelkan menjadi kumpulan vektor untuk dilihat perpindahannya, panjang lintasan, dan arah perpindahan dengan dua rute utama berbeda. Melalui simulasi ini, konsep aljabar vektor tidak hanya dipahami sebagai teoritis, namun juga dapat diaplikasikan dalam pemecahan masalah nyata seperti navigasi peta.

Aljabar vektor banyak digunakan dalam beberapa penelitian, misalkan dalam pendidikan yaitu untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa terhadap konsep ruang vektor subruang vektor, dan vektor Euclidean dalam mata kuliah aljabar linear (Mufidah dkk., 2019). Penelitian lainnya adalah digunakan untuk mengetahui kemampuan mahasiswa dalam menerapkan operasi dasar aljabar vektor dalam berbagai persoalan fisika seperti resultan vektor dan diagram benda bebas (Mabrurroh, 2017). Selain itu, algoritma aljabar vektor juga digunakan untuk menentukan kurva dan lintasan geometric seperti elips utama dan normal section (Meyer, 2024). Dalam penelitian ini, dikembangkan konteks penerapan aljabar vektor dalam simulasi lintasan atau navigasi peta, khususnya dua dimensi (2D). Tujuan penelitian ini adalah: (a) untuk mengetahui penerapan operasi aljabar vektor dalam menentukan arah dan jarak tempuh pada simulasi navigasi peta 2D; dan (b) untuk mengetahui representasi visualisasi peta 2D dari UNARS menuju Wisata KK26 menggunakan aljabar vektor. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan oleh masyarakat umum termasuk wisatawan untuk memperoleh informasi rute yang lebih efisien, terutama bagi kawasan pengembangan wisata seperti KK26. Dengan demikian, penelitian ini selain memiliki manfaat dalam hal pendidikan juga memiliki manfaat praktis bagi pengembangan potensi lokal dalam hal wisata di Situbondo.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui penerapan konsep aljabar vektor dalam simulasi navigasi peta 2D. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan representasi matematis setiap rute, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan dalam proses perhitungan panjang lintasan, perpindahan, dan arah

perpindahan berdasarkan operasi-operasi vektor. Objek penelitian berupa dua alternatif rute perjalanan dari Universitas Abdurachman Saleh Situbondo menuju Wisata KK26. Kedua rute yang dipilih memiliki karakteristik yang berbeda baik dari sisi panjang lintasan maupun arah perjalanan sehingga dapat dianalisis menggunakan konsep vektor. Data penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh dari Google Maps. Berikut beberapa tahapan penelitian yang dilalui: (a) mengidentifikasi dan memetakan dua rute perjalanan dari UNARS menuju Wisata KK26; (b) menentukan titik lokasi penting berserta *latitude* dan *longitude*; (c) menentukan vektor posisi dan perpindahan dalam sistem koordinat kartesius dari setiap titik lokasi penting; (d) menentukan panjang lintasan dan arah perpindahan; dan (e) melakukan analisis interpretasi matematis.

Ruang lingkup dari penelitian ini terbatas pada rute perjalanan darat dari UNARS menuju Wisata KK26 dalam bentuk peta 2D melalui dua rute utama. Objek penelitian berupa lintasan rute perjalanan yang direpresentasikan sebagai kumpulan vektor pada bidang Kartesius, tanpa mempertimbangkan faktor lalu lintas, kondisi jalan, maupun variasi kecepatan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Google Maps dan GeoGebra untuk membuat visualisasi rute dalam bentuk diagram 2D. Data dikumpulkan melalui studi dokumentasi dan observasi. Studi dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan informasi rute perjalanan dari peta digital, sedangkan observasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian lintasan rute yang dimodelkan dengan kondisi nyata. Data yang dikumpulkan berupa titik-titik koordinat yang merepresentasikan posisi dan perpindahan sepanjang rute perjalanan.

Vektor merupakan jenis besaran dalam fisika dan matematika yang memiliki nilai (*magnitude*) dan arah. Besar vektor (*magnitude*) merupakan representasi ukuran atau panjang vektor dan ditentukan dengan rumus berikut:

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

Sedangkan arah vektor 2D dinyatakan relatif terhadap sumbu koordinat atau sistem arah seperti i dan j yang merupakan basis vektor pada koordinat Kartesius. Vektor dapat direpresentasikan dalam berbagai cara berikut:

1. Vektor Geometris

Vektor umumnya digambarkan sebagai sebuah panah pada bidang koordinat. Panjang panah merepresentasikan besar (*magnitude*) vektor, sedangkan arah panah menunjukkan orientasi atau arah vektor tersebut.

2. Vektor Posisi

Vektor posisi digunakan untuk menyatakan letak relatif suatu titik terhadap titik asal dalam sistem koordinat. Sebagai contoh, jika suatu titik dinyatakan dengan koordinat $P(x, y, z)$, maka vektor posisinya dapat dituliskan sebagai $\vec{r} = (x, y, z)$.

3. Komponen Kartesius

Vektor dapat dinyatakan sebagai kombinasi linear dari vektor satuan pada sumbu-sumbu koordinat. Dalam ruang tiga dimensi, vektor $\vec{v}$ dapat ditulis dalam bentuk:

$$\vec{v} = ai + bj + ck$$

dengan i, j, k masing-masing merupakan vektor satuan pada sumbu x, y , dan z .

4. Unit Vektor

Vektor satuan digunakan untuk menunjukkan arah suatu vektor tanpa memperhatikan besarnya. Sebagai ilustrasi, vektor $\vec{v} = 3i + 4j + 5k$ memiliki komponen 3 pada sumbu x , 4 pada sumbu y , dan 5 pada sumbu z .

Operasi dasar pada vektor terdiri dari penjumlahan dan pengurangan, perkalian skalar dengan vektor, perkalian titik, dan perkalian silang. Berikut penjelasan dari operasi vektor:

1. Penjumlahan dan Pengurangan

Penjumlahan vektor dilakukan dengan menjumlahkan komponen-komponen yang bersesuaian dari masing-masing vektor. Jika diberikan dua vektor $\vec{u} = (u_x, u_y)$ dan $\vec{v} = (v_x, v_y)$, maka hasil penjumlahannya adalah:

$$\vec{u} + \vec{v} = (u_x + v_x, u_y + v_y)$$

Pengurangan vektor dilakukan dengan mengurangkan komponen vektor yang satu terhadap vektor lainnya, sehingga diperoleh:

$$\vec{u} - \vec{v} = (u_x - v_x, u_y - v_y)$$

2. Perkalian Skalar dengan Vektor

Perkalian skalar terhadap vektor dilakukan dengan mengalikan setiap komponen vektor dengan suatu bilangan skalar. Operasi ini akan mengubah besar vektor tanpa memengaruhi arah vektor, kecuali jika skalar bernilai negatif yang akan menyebabkan arah vektor berlawanan. Secara matematis, perkalian skalar k terhadap vektor $\vec{v} = (v_x, v_y)$ dinyatakan sebagai:

$$k\vec{v} = (kv_x, kv_y)$$

3. Perkalian Titik

Perkalian titik antara dua vektor menghasilkan sebuah nilai skalar yang merepresentasikan hubungan antara kedua vektor tersebut. Untuk dua vektor $\vec{u} = (u_x, u_y)$ dan $\vec{v} = (v_x, v_y)$, hasil perkalian titik didefinisikan sebagai:

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = (u_x v_x + u_y v_y)$$

4. Perkalian Silang

Perkalian silang menghasilkan vektor baru yang arahnya tegak lurus terhadap kedua vektor semula dan hanya berlaku pada ruang tiga dimensi. Jika $\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$ dan $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$, maka hasil perkalian silang dapat ditentukan menggunakan determinan sebagai berikut:

$$\vec{u} \times \vec{v} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ u_x & u_y & u_z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

(Maulita dkk., 2025)

Analisis data dilakukan dengan menerapkan operasi aljabar vektor, meliputi penentuan vektor posisi, vektor perpindahan, serta resultan vektor sepanjang rute perjalanan. Data koordinat dianalisis secara matematis untuk menentukan arah dan jarak tempuh tiap segmen rute, kemudian divisualisasikan dalam bentuk simulasi peta 2D. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik dan interpretasi matematis untuk menunjukkan keterkaitan antara konsep aljabar vektor dan simulasi navigasi peta 2D.

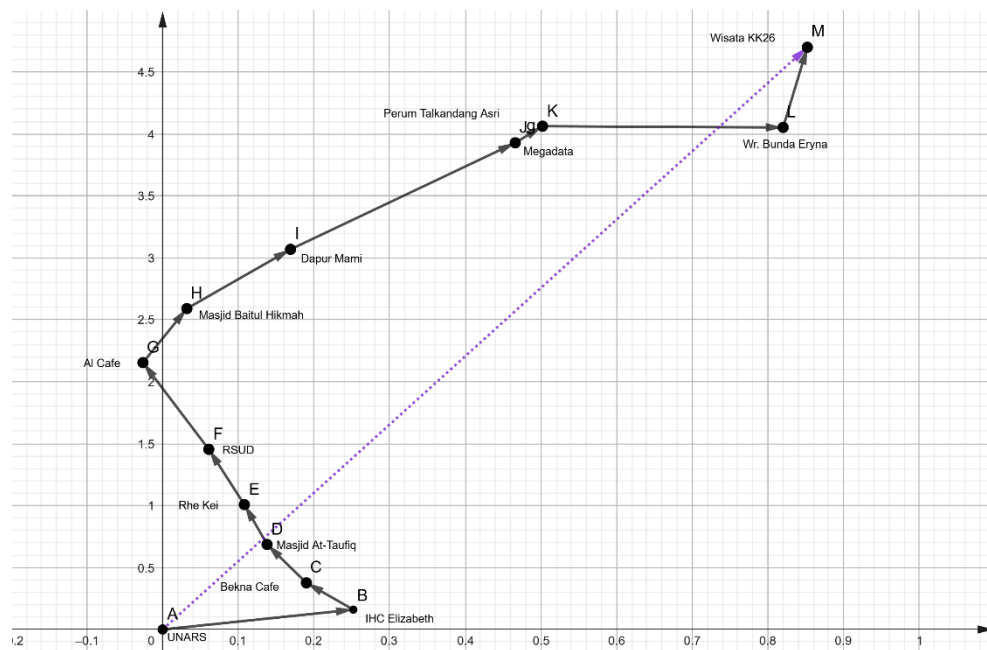
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perjalanan dari kampus 1 UNARS menuju Wisata KK26 memiliki pilihan rute yang cukup banyak, tetapi dalam penelitian ini terbatas pada tiga rute utama. Berikut kedua rute tersebut beserta beberapa titik lokasi pentingnya:

1. Rute 1 (UNARS – Jl. WR. Supratman – Jl. Anggrek – Perum Talkandang Asri – Wisata KK26)

Pada rute 1 ini terdapat 13 titik lokasi penting yang ditentukan *latitude* dan *longitude* kemudian ditentukan vektor posisinya dalam koordinat Kartesius 2D seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Ruas	Titi Awal	Titik Akhir	Koordinat Titik Akhir (x, y) (km)	Vektor Perpindahan ($\Delta x, \Delta y$) (km)	Panjang Lintasan (km)
AB	UNARS	IHC Elizabeth	(0,252 , 0,160)	(0,252 , 0,160)	0,299
BC	IHC Elizabeth	Bekna Cafe	(0,190 , 0,376)	(-0,062 , 0,216)	0,225
CD	Bekna Cafe	Majid At-Taufiq	(0,138 , 0,686)	(-0,052 , 0,310)	0,314
DE	Majid At-Taufiq	Rhe Kei	(0,108 , 1,008)	(-0,030 , 0,322)	0,323
EF	Rhe Kei	RSUD Abdoer Rahem	(0,061 , 1,454)	(-0,047 , 0,446)	0,448
FG	RSUD Abdoer Rahem	Al Cafe	(-0,026 , 2,154)	(-0,087 , 0,700)	0,705
GH	Al Cafe	Masjid Baitul Hikmah	(0,032 , 2,590)	(0,058 , 0,436)	0,440
HI	Masjid Baitul Hikmah	Dapur Mami	(0,169 , 3,068)	(0,137 , 0,478)	0,497
IJ	Dapur Mami	Megadata	(0,466 , 3,928)	(0,297 , 0,860)	0,910
JK	Megadata	Perum Talkandang Asri	(0,502 , 4,062)	(0,036 , 0,134)	0,139
KL	Perum Talkandang Asri	Wr. Bunda Eryna	(0,820 , 4,052)	(0,318 , -0,010)	0,318
LM	Wr. Bunda Eryna	Wisata KK26	(0,853 , 4,696)	(0,333 , 0,644)	0,645
Total				(0,853 , 4,696)	5,263



Gambar 1. Simulasi Navigasi 2D Route 1

Berdasarkan model rute 1 perjalanan dari UNARS menuju Wisata KK26 menunjukkan bahwa setiap ruas perjalanan direpresentasikan sebagai vektor perpindahan yang diperoleh dari selisih koordinat dua titik berurutan. Panjang lintasan setiap ruas dihitung menggunakan norma vektor Euclidean berikut (Nicholson, 2020):

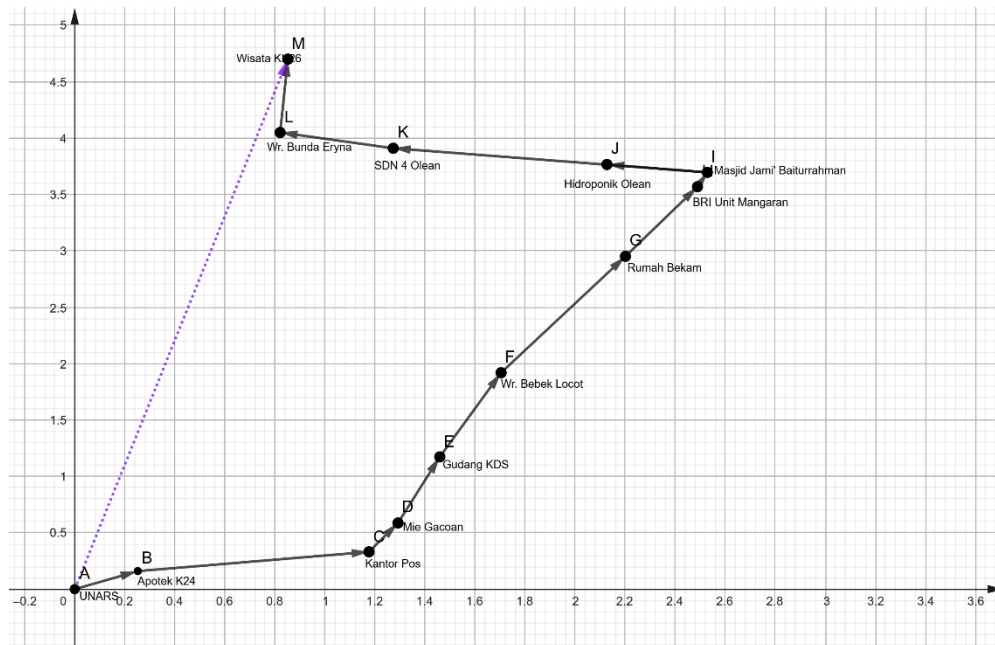
$$|\vec{v}_i| = \sqrt{(\Delta x_i)^2 + (\Delta y_i)^2}$$

Penjumlahan seluruh panjang ruas menghasilkan total panjang lintasan sebesar 5,263 km sedangkan penjumlahan seluruh vektor perpindahan menghasilkan vektor resultan $\vec{R} = (0,853 , 4,696)$ km. Norma vektor resultan sebesar 4,773 km menunjukkan jarak lurus dari UNARS menuju Wisata KK26. Perbedaan antara panjang lintasan, yaitu 5,263 km dan besar perpindahan yaitu 4,773 km adalah sebesar 0,490 km merupakan adanya perubahan arah selama perjalanan mengikuti arah jalan dengan nilai $\theta = 79,70^\circ$. Dalam konteks navigasi nyata, hasil ini dapat dimaknai bahwa rute perjalanan utama dari UNARS menuju Wisata KK26 cenderung bergerak ke arah utara dengan sedikit pergeseran ke arah timur.

2. Rute 2 (UNARS – Jl. Situbondo Banyuwangi – Jl. Sucipto – Balai Desa Olean – Wisata KK26)

Pada rute 2 ini terdapat 13 titik lokasi penting yang ditentukan *latitude* dan *longitude* kemudian ditentukan vektor posisinya dalam koodinat Kartesius 2D seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Ruas	Titi Awal	Titik Akhir	Koordinat Titik Akhir (x, y) (km)	Vektor Perpindahan ($\Delta x, \Delta y$) (km)	Panjang Lintasan (km)
AB	UNARS	Apotek K24	(0,325 , 0,086)	(0,325, 0,086)	0,336
BC	Apotek K24	Kantor Pos Situbondo	(1,176 , 0,331)	(0,851, 0,245)	0,886
CD	Kantor Pos Situbondo	Mie Gacoan	(1,292, 0,587)	(0,116, 0,256)	0,281
DE	Mie Gacoan	Wr. Bebek Locot	(1,459, 1,173)	(0,167, 0,586)	0,609
EF	Wr. Bebek Locot	Gudang KDS Situbondo	(1,704, 1,939)	(0,245, 0,766)	0,804
FG	Gudang KDS Situbondo	Rumah Bekam	(2,201, 2,951)	(0,497, 1,012)	1,127
GH	Rumah Bekam	BRI Unit Mangaran	(2,489, 3,568)	(0,288, 0,617)	0,681
HI	BRI Unit Mangaran	Masjid Jami' Baiturrahman	(2,528, 3,695)	(0,039, 0,127)	0,133
IJ	Masjid Jami' Baiturrahman	Hidroponik Olean	(2,127, 3,765)	(-0,401, 0,070)	0,407
JK	Hidroponik Olean	SDN 4 Olean	(1,273, 3,909)	(-0,854, 0,144)	0,866
KL	SDN 4 Olean	Wr. Bunda Eryna	(0,821, 4,049)	(-0,452, 0,140)	0,473
LM	Wr. Bunda Eryna	Wisata KK26	(0,852 , 4,699)	(0,031, 0,650)	0,651
Total				(0,852 , 4,699)	7,254



Gambar 2. Simulasi Navigasi 2D Rute 2

Berdasarkan model rute 2 perjalanan dari UNARS menuju Wisata KK26 menunjukkan bahwa setiap ruas perjalanan direpresentasikan sebagai vektor perpindahan yang diperoleh dari selisih koordinat dua titik berurutan. Panjang lintasan setiap ruas dihitung menggunakan norma vektor Euclidean seperti pada rute 1. Penjumlahan seluruh panjang ruas menghasilkan total panjang lintasan sebesar 7,254 km sedangkan penjumlahan seluruh vektor perpindahan mengasilkan vektor resultan $\vec{R} = (0,852, 4,699)$ km. Norma vektor resultan sebesar 4,776 km menunjukkan jarak lurus dari UNARS menuju Wisata KK26 dan nilai $\theta = 79,73^\circ$. Dalam konteks navigasi nyata, hasil ini

dapat dimaknai bahwa rute perjalanan utama dari UNARS menuju Wisata KK26 cenderung bergerak ke arah utara dengan sedikit pergeseran ke arah timur. Hal ini ditunjukkan oleh komponen perpindahan pada sumbu utara yang jauh lebih besar dibandingkan komponen pada sumbu timur, sehingga orientasi perjalanan cenderung mengikuti arah utara dengan deviasi kecil ke arah timur.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun Rute 1 dan Rute 2 memiliki besar perpindahan yang hampir sama yaitu sekitar 4,77 km) karena keduanya berawal di UNARS dan berakhir di Wisata KK26, Rute 2 memiliki panjang lintasan yang lebih besar, yaitu 7,254 km dibandingkan 5,263 km pada Rute 1. Hal ini disebabkan oleh jumlah belokan dan deviasi rute yang lebih banyak pada Rute 2. Akibatnya, Rute 1 merupakan rute yang lebih efisien secara geometris. Dengan kata lain, lintasan pada Rute 1 lebih mendekati garis lurus antara titik awal dan titik tujuan dibandingkan lintasan pada Rute 2. Hasil ini mendukung penggunaan konsep aljabar vektor sebagai alat analisis untuk mengevaluasi efisiensi navigasi pada peta dua dimensi.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan konsep aljabar vektor dalam simulasi navigasi peta dua dimensi untuk menganalisis dua alternatif rute perjalanan dari Universitas Abdurachman Saleh Situbondo (UNARS) menuju Wisata KK26. Setiap ruas perjalanan direpresentasikan sebagai vektor perpindahan yang dibentuk dari koordinat titik-titik penting pada rute, kemudian dianalisis menggunakan operasi penjumlahan vektor, norma Euclidean, dan perhitungan sudut arah perpindahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rute 1 memiliki total panjang lintasan sebesar 5,263 km dengan besar perpindahan 4,773 km, sedangkan Rute 2 memiliki total panjang lintasan 7,254 km dengan besar perpindahan 4,776 km. Meskipun kedua rute memiliki besar perpindahan yang hampir sama karena menghubungkan titik awal dan tujuan yang identik, Rute 1 menghasilkan lintasan yang lebih pendek dan memiliki tingkat efisiensi geometris yang lebih tinggi dibandingkan Rute 2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Rute 1 lebih mendekati lintasan lurus sehingga lebih efisien dari sudut pandang geometri vektor. Selain memberikan analisis matematis terhadap karakteristik kedua rute, penelitian ini juga menunjukkan bahwa konsep-konsep dasar aljabar vektor, seperti representasi vektor, penjumlahan vektor, norma vektor, dan arah perpindahan, dapat diaplikasikan secara nyata dalam simulasi navigasi peta dua dimensi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan contoh penerapan aljabar linear yang kontekstual dan dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran berbasis proyek pada mata kuliah Aljabar Linear, sekaligus sebagai alternatif pendekatan dalam menganalisis efisiensi rute perjalanan.

REFERENSI

- Indriyani, D., Elhany, N. A., Hidayat, N., Susanti, R. A. A., & Prayudi, S. N. (2025). Pelatihan Promosi Eduwisata Kk26 Berbasis Media Sosial. *Mimbar Integritas: Jurnal Pengabdian*, 5(1), 190–197. <https://doi.org/10.36841/mimbarintegritas.v5i1.7387>
- Kismanti, S. T., & Indriyani, D. (2021). Penerapan Aljabar Pada Sistem Produksi. *Jurnal Borneo Saintek*, 4(1), 37–42. https://doi.org/10.35334/borneo_saintek.v4i1.1960

- Mabruroh, F. (2017). Studi Penguasaan Konsep Vektor dalam Penyelesaian Berbagai Persoalan Fisika pada Perkuliahan Fisika Dasar. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 1(2), 42–54. <https://doi.org/10.19109/jifp.v1i2.2831>
- Maulita, I., Damayanti, F., Silviyanti, N. A., Sirajuddin, A. S., & Nugroho, D. H. (2025). *MEKANIKA DASAR*. CV. Hei Publishing Indonesia. <http://eprints.polsri.ac.id/16472/1/MEKANIKA%20DASAR.pdf>
- Meyer, T. H. (2024). Vector-Algebra Algorithms to Draw the Curve of Alignment, the Great Ellipse, the Normal Section, and the Loxodrome. *Geomatics*, 4(2), 138–148. <https://doi.org/10.3390/geomatics4020008>
- Mufidah, A., Sulasteri, S., Majid, A. F., & Mattoliang, L. A. (2019). Analisis Pemahaman Konsep Aljabar Pada Mata Kuliah Aljabar Linear Elementer. *Al asma : Journal of Islamic Education*, 1(1), 42–52. <https://doi.org/10.24252/asma.v1i1.11247>
- Nicholson, W. K. (2020). Linear algebra with applications.
- Kosasih, J. A. (2016). Penerapan Aljabar Geometri pada Rotasi Objek dalam Software Pemodelan 3 Dimensi. *Makalah IF2123 Aljabar Geometri-Informatika ITB-Semester I Tahun 2015/2016*.