Mathematical and Data Analyticst,
Volume: 02 | Nomor 02 | Desember 2025 | E-ISSN: 3048-0787DOI:10.47709/mda.v2i2

Analisis Kesulitan Konseptual Mahasiswa dalam Operasi Dasar Vektor pada Pembelajaran Kalkulus Vektor

Habib Syarkowi Harahap[1)], Silvia Ramadani Siregar[2)], Eka Aulia[3)], Juni Anggita Sipahutar[4)], Suci Dahlya Narpila[5)]
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara[1234)]

Email: rahmatpanaekan@gmail.com[1] silviaramadanisrg@gmail.com[2]
ekaaulia966@gmail.com[3] juni0305233104@uinsu.ac.id[4]
sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id[5]

Histori Naskah:
Diajukan: 21-12-2025
Disetujui: 24-12-2025
Publikasi: 25-12-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesulitan belajar mahasiswa dalam memahami operasi dasar vektor yang meliputi perbandingan vektor, dot product, cross product, dan proyeksi vektor pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif melalui desain studi kasus. Data dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur terhadap tiga mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Kalkulus Vektor. Analisis data dilakukan menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola kesulitan belajar hingga mencapai kejenuhan data (data saturation). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesulitan mahasiswa tidak terutama disebabkan oleh keterbatasan kemampuan komputasi, melainkan oleh lemahnya pemahaman konseptual dan keterbatasan kemampuan visualisasi spasial. Mahasiswa cenderung menguasai aspek prosedural melalui penerapan rumus dan algoritma, namun belum mampu mengintegrasikan representasi aljabar, geometris, dan spasial secara relasional. Kesulitan paling menonjol ditemukan pada pemaknaan dot product secara geometris, penentuan arah vektor hasil cross product, serta pembedaan antara proyeksi skalar dan proyeksi vektor, terutama dalam konteks tiga dimensi. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran kalkulus vektor yang dominan berorientasi prosedural belum memadai untuk membangun pemahaman yang bermakna dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pembelajaran perlu diarahkan pada pendekatan yang menekankan eksplorasi konsep, visualisasi, dan pembelajaran berbasis masalah.

Kata kunci: *kesulitan belajar, operasi vektor, dot product, cross product, proyeksi*

PENDAHULUAN

Operasi dasar vektor merupakan bagian fundamental dalam mata kuliah kalkulus vektor yang menjadi pijakan awal bagi mahasiswa untuk memahami berbagai fenomena fisika dan teknik secara matematis. Materi ini tidak hanya diajarkan sebagai kemampuan menghitung, tetapi juga sebagai bekal dalam menganalisis arah gaya, rotasi, kerja, medan vektor, dan dinamika partikel dalam ruang dua maupun tiga dimensi (Latifa et al., 2021). Empat konsep inti yang menjadi fokus dalam operasi dasar vektor adalah perbandingan vektor, dot product (perkalian skalar), cross product (perkalian silang), dan proyeksi vektor. Pemahaman terhadap konsep-konsep tersebut dibutuhkan tidak hanya untuk kepentingan akademik, tetapi juga dalam pengembangan keterampilan analitis dan pemecahan masalah berbasis spasial.

Sayangnya, dalam praktik pembelajaran, pemahaman mahasiswa terhadap keempat operasi dasar tersebut sering kali masih dangkal. Banyak mahasiswa menguasai

teknik menghitung, tetapi gagal menjelaskan makna geometris atau aplikatif dari operasi yang mereka lakukan. Taqwa & Rahim (2022) menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mengalami kesulitan dalam membedakan antara hasil dot product yang berupa skalar dan hasil cross product yang berupa vektor. Bahkan, pada tahap awal seperti perbandingan vektor, masih ditemukan kebingungan dalam mengenali arah dan besar secara simultan, terutama dalam kasus vektor yang searah tapi berbeda posisi atau yang memiliki besar sama tetapi arah berlawanan.

Kesulitan ini diperparah oleh kelemahan dalam visualisasi spasial mahasiswa. Visualisasi arah vektor dalam ruang tiga dimensi, pemahaman arah tegak lurus dari hasil cross product, serta representasi bayangan dalam proyeksi vektor sering kali tidak dikuasai secara baik (Pranata, 2024). Cantika et al (2024) mencatat bahwa lemahnya keterampilan visualisasi matematis menjadi faktor dominan penyebab miskonsepsi dalam operasi vektor. Dalam konteks pembelajaran kalkulus vektor, kemampuan spasial bukanlah bakat alami semata, tetapi dapat dikembangkan melalui pendekatan pembelajaran yang tepat.

Permasalahan ini juga tidak lepas dari pendekatan pengajaran yang masih bersifat tradisional, di mana dosen hanya memberikan paparan rumus dan latihan soal tanpa penguatan makna konseptual atau pendekatan kontekstual. Farhana Maulida et al (2023) menegaskan bahwa pembelajaran matematis yang prosedural cenderung menghasilkan pemahaman yang rapuh dan tidak aplikatif. Mahasiswa lebih banyak menghafal tanpa tahu makna, serta merasa kesulitan mengaitkan materi dengan dunia nyata.

Oleh karena itu, beberapa studi merekomendasikan penggunaan media interaktif seperti GeoGebra 3D, augmented reality, hingga video simulasi sebagai sarana pembelajaran yang efektif dalam menjembatani kesenjangan antara simbol matematika dan pemahaman geometris (Pranata, 2024; Sabah, 2023). Strategi pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning) juga terbukti efektif dalam mendorong mahasiswa mengeksplorasi konsep secara lebih mendalam, kritis, dan kontekstual (Asrianti & Rakhmawati, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam kesulitan-kesulitan belajar mahasiswa dalam memahami operasi dasar vektor, khususnya perbandingan vektor, dot product, cross product, dan proyeksi. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebabnya serta merumuskan alternatif strategi pembelajaran yang lebih kontekstual, visual, dan efektif agar dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa secara menyeluruh.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran vektor, sebagian besar masih berfokus pada hasil tes kuantitatif atau miskonsepsi secara umum. Penelitian yang menggali secara mendalam pengalaman belajar mahasiswa melalui wawancara kualitatif, khususnya pada empat operasi dasar vektor secara terintegrasi, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengeksplorasi kesulitan konseptual mahasiswa secara kualitatif dan kontekstual.

STUDI LITERATUR

Operasi dasar vektor merupakan materi fundamental dalam kalkulus vektor yang harus dikuasai mahasiswa untuk memahami berbagai aplikasi lanjutan dalam fisika dan teknik. Pemahaman terhadap perbandingan vektor, dot product, cross product, dan proyeksi vektor bukan hanya melibatkan prosedur komputasi, tetapi juga menuntut kemampuan dalam representasi geometris dan pemaknaan arah serta hubungan antar vektor dalam ruang. Taqwa & Rahim (2022) banyak mahasiswa kesulitan memahami bahwa hasil dari dot product bersifat skalar, sementara cross product menghasilkan vektor tegak lurus terhadap dua vektor asal. Hal ini disebabkan oleh lemahnya pemahaman

terhadap orientasi vektor dan kurangnya penekanan pada makna geometris selama proses pembelajaran.

Farhana Maulida et al (2023) mengemukakan bahwa mahasiswa cenderung menghafal rumus-rumus operasi vektor tanpa memahami dasar konsepnya. Hal ini menyebabkan kesalahan sistematis, seperti penggunaan rumus dot product pada soal yang seharusnya menggunakan cross product, dan sebaliknya. Selain itu, Barniol & Zavala, (2014) menambahkan bahwa kesulitan tersebut diperparah oleh faktor afektif, seperti kecemasan matematika (math anxiety), yang menyebabkan mahasiswa enggan mencoba soal-soal berbasis pemahaman spasial dan cenderung menghindari topik-topik yang dianggap sulit.

Dalam konteks visualisasi, penelitian oleh Pranata (2024) menunjukkan bahwa media interaktif seperti GeoGebra dan animasi 3D sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap operasi-operasi vektor. Penggunaan representasi visual yang dinamis membantu mahasiswa membangun pemahaman spasial yang sebelumnya sulit mereka bayangkan melalui pembelajaran konvensional. Penelitian ini sejalan dengan temuan Latifa et al (2021) yang menegaskan bahwa mahasiswa yang dibimbing dengan pendekatan visual dan kontekstual menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam memahami orientasi vektor hasil cross product dan arah proyeksi vektor.

Sabah (2023) juga menunjukkan bahwa strategi concept mapping dapat membantu mahasiswa mengaitkan operasi-operasi dasar vektor dalam satu kerangka logis. Dengan peta konsep, mahasiswa tidak hanya memahami rumus, tetapi juga mampu melihat keterkaitan antara satu jenis operasi dengan konsep yang lebih luas, seperti hubungan antara dot product dengan sudut antara vektor, atau cross product dengan bidang tegak lurus.

Secara umum, studi literatur menunjukkan bahwa kesulitan mahasiswa dalam memahami operasi dasar vektor bersumber dari lemahnya pemahaman konsep prasyarat, rendahnya keterampilan visualisasi, dan pendekatan pengajaran yang belum menekankan pada makna dan konteks. Oleh karena itu, pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning) dan pendekatan kontekstual menjadi alternatif yang sangat disarankan. (Isnaini et al., 2024) menyatakan bahwa dengan menyajikan persoalan nyata, seperti perhitungan gaya pada lengan robot atau simulasi proyeksi arah dalam teknik sipil, mahasiswa menjadi lebih termotivasi untuk memahami konsep dan mampu mengaplikasikannya secara bermakna.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada aspek tertentu dari operasi vektor atau menggunakan pendekatan kuantitatif, sehingga kajian kualitatif yang menggali pola kesulitan mahasiswa secara mendalam dan terintegrasi pada empat operasi dasar vektor masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memosisikan diri untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis kesulitan belajar mahasiswa secara kualitatif dan kontekstual.

Berdasarkan kajian literatur tersebut, dapat disimpulkan bahwa kesulitan mahasiswa dalam operasi dasar vektor bersifat multidimensional, meliputi aspek konseptual, visual-spasial, dan pedagogis. Namun, kajian yang mengintegrasikan keempat operasi dasar vektor secara mendalam melalui pendekatan kualitatif masih terbatas, sehingga penelitian ini berupaya memberikan kontribusi pada aspek tersebut.

METODE PENELITIAN

A Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif, yang bertujuan untuk menggali secara mendalam kesulitan belajar mahasiswa dalam memahami operasi dasar vektor, meliputi perbandingan vektor, dot product, cross

product, dan proyeksi vektor. Pendekatan kualitatif dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memahami proses berpikir, pengalaman belajar, serta pemaknaan konseptual mahasiswa secara lebih komprehensif, yang tidak dapat dijelaskan secara memadai melalui pendekatan kuantitatif (Sugiyono, 2006).

Jenis penelitian ini merupakan studi kasus kualitatif, yang berfokus pada konteks pembelajaran kalkulus vektor dan pengalaman subjektif mahasiswa dalam mempelajari materi operasi dasar vektor. Penelitian ini tidak bertujuan untuk melakukan generalisasi temuan, melainkan untuk memperoleh pemahaman kontekstual dan reflektif mengenai bentuk-bentuk kesulitan konseptual yang dialami mahasiswa.

B Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari tiga mahasiswa semester empat yang telah menempuh mata kuliah Kalkulus Vektor pada program studi Pendidikan Matematika dan Teknik di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Pemilihan subjek dilakukan menggunakan purposive sampling, dengan kriteria:

1. telah menyelesaikan materi operasi dasar vektor, dan
2. memiliki pengalaman langsung dalam mengerjakan soal-soal yang berkaitan dengan operasi vektor.

Jumlah subjek yang terbatas dipilih untuk memungkinkan pendalaman data (in-depth analysis), sesuai dengan karakteristik penelitian kualitatif yang lebih menekankan kedalaman dan kekayaan informasi dibandingkan kuantitas responden (Mawardi et al., 2023). Pengumpulan data dihentikan setelah peneliti tidak lagi menemukan variasi temuan baru dalam jawaban subjek penelitian, sehingga data yang diperoleh telah mencapai tingkat kejenuhan data (data saturation).

C Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur, yang memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi pengalaman dan pemahaman mahasiswa secara fleksibel namun tetap terarah sesuai dengan fokus penelitian. Wawancara difokuskan pada empat aspek utama, yaitu:

1. pemahaman mahasiswa tentang perbandingan vektor,
2. konsep dan makna dot product,
3. pemahaman arah dan hasil cross product, serta
4. visualisasi dan pemaknaan proyeksi vektor.

Wawancara dilakukan secara langsung dan direkam untuk menjaga keakuratan data. Seluruh hasil wawancara kemudian ditranskripsikan secara verbatim sebagai bahan analisis lebih lanjut.

D Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan analisis tematik, dengan tahapan sebagai berikut:

1. reduksi data, yaitu menyeleksi dan memfokuskan data yang relevan dengan tujuan penelitian,
2. pengkodean awal, dengan mengidentifikasi pernyataan-pernyataan penting yang mencerminkan kesulitan belajar mahasiswa,
3. pengelompokan tema, yaitu mengklasifikasikan kode-kode ke dalam tema kesulitan konseptual, prosedural, dan visualisasi spasial, serta
4. penarikan kesimpulan, dengan menginterpretasikan pola-pola tematik yang muncul secara sistematis dan konsisten.

Analisis ini bertujuan untuk mengungkap bentuk-bentuk kesulitan belajar mahasiswa secara mendalam dan terstruktur.

E Keabsahan Data

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu dengan membandingkan jawaban antar subjek penelitian untuk memastikan konsistensi temuan. Selain itu, dilakukan member checking, yaitu mengonfirmasi kembali hasil interpretasi peneliti kepada subjek penelitian guna memastikan bahwa makna yang ditangkap peneliti sesuai dengan pengalaman yang dimaksud oleh responden. Langkah-langkah tersebut dilakukan untuk meningkatkan kredibilitas dan keandalan hasil penelitian sesuai dengan standar penelitian kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh melalui wawancara semi-terstruktur terhadap tiga mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Kalkulus Vektor. Analisis data dilakukan secara tematik dan menghasilkan pola kesulitan belajar yang bersifat sistemik, bukan terpisah-pisah. Kesulitan mahasiswa menunjukkan keterkaitan antara lemahnya pemahaman konseptual, dominasi pendekatan prosedural, serta keterbatasan kemampuan visualisasi spasial. Pola-pola ini muncul secara konsisten antar subjek hingga mencapai kejenuhan data (*data saturation*).

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa cenderung memahami operasi vektor pada tingkat prosedural, namun belum mampu mengintegrasikan representasi aljabar, geometris, dan spasial secara utuh.

1. Pola Kesulitan Konseptual pada Pemahaman Vektor Dasar

Hasil analisis menunjukkan bahwa mahasiswa belum membangun pemahaman vektor sebagai besaran bebas secara konseptual. Kesamaan vektor masih sering dipahami secara intuitif dengan melibatkan posisi titik pangkal, bukan semata-mata berdasarkan besar dan arah. Selain itu, kesulitan dalam menentukan apakah dua vektor searah atau berlawanan arah menunjukkan bahwa konsep kelipatan skalar positif dan negatif belum terinternalisasi dengan baik.

Pola ini mengindikasikan bahwa kesulitan pada konsep vektor dasar berpotensi menjadi sumber kesulitan lanjutan pada operasi vektor berikutnya.

2. Ketimpangan antara Prosedur dan Makna pada Dot Product

Pada operasi dot product, mahasiswa menunjukkan ketimpangan pemahaman. Mahasiswa mampu melakukan perhitungan dan mengetahui bahwa hasil dot product berupa skalar, namun belum memahami makna matematis dan geometris dari hasil tersebut. Dot product dipandang sebagai operasi hitung semata, bukan sebagai relasi antara dua vektor yang berkaitan dengan sudut dan proyeksi.

Ketergantungan mahasiswa pada perhitungan numerik tanpa penalaran konseptual menunjukkan bahwa pemahaman masih berada pada tingkat operasional, belum mencapai pemahaman relasional.

3. Dominasi Kesulitan Visual-Spasial pada Cross Product

Kesulitan paling kompleks ditemukan pada operasi cross product. Analisis data menunjukkan bahwa mahasiswa mampu menghitung besar cross product menggunakan rumus determinan, namun mengalami kesulitan signifikan dalam menentukan arah vektor hasil. Arah hasil cross product dipahami sebagai prosedur hafalan melalui aturan tangan kanan, bukan sebagai representasi orientasi spasial.

Selain itu, mahasiswa belum memahami secara konseptual bahwa hasil cross product akan bernilai nol ketika dua vektor sejajar. Temuan ini menunjukkan bahwa

keterbatasan visualisasi spasial menjadi faktor dominan dalam kesulitan memahami cross product.

4. Fragmentasi Konsep pada Proyeksi Vektor

Pada konsep proyeksi vektor, mahasiswa menunjukkan pemahaman yang terfragmentasi. Mahasiswa mengenal istilah proyeksi secara intuitif, namun belum mampu membedakan peran proyeksi skalar dan proyeksi vektor secara matematis. Kesulitan ini meningkat ketika konteks diperluas ke ruang tiga dimensi, yang menuntut integrasi antara representasi aljabar, geometri, dan visualisasi spasial.

Temuan ini menunjukkan bahwa proyeksi vektor menjadi konsep yang memperlihatkan akumulasi kesulitan konseptual dan visual-spasial dari materi sebelumnya.

5. Pola Umum Kesulitan Belajar Mahasiswa

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa kesulitan belajar mahasiswa membentuk pola yang saling berkaitan. Misalnya, mahasiswa yang masih mengaitkan kesamaan vektor dengan posisi juga cenderung mengalami kesulitan dalam menentukan arah hasil cross product, karena belum memahami vektor sebagai besaran bebas.

Misalnya, mahasiswa yang belum memahami kesamaan vektor secara konseptual juga mengalami kesulitan dalam menentukan arah hasil cross product, karena vektor masih dipersepsikan sebagai objek yang bergantung pada posisi.

Tabel 1. Sintesis Tema Kesulitan Belajar Mahasiswa pada Operasi Dasar Vektor

No	Tema Kesulitan	Pola Kesulitan Utama	Level Pemahaman
1	Konsep vektor dasar	Kesamaan vektor dikaitkan dengan posisi; kesulitan menentukan arah	Konseptual awal
2	Dot product	Dipahami sebagai prosedur hitung tanpa makna sudut	Prosedural dominan
3	Cross product	Mampu menghitung besar, tetapi tidak memahami arah dan hasil nol	Visual-spasial lemah
4	Proyeksi vektor	Bingung proyeksi skalar vs vektor; sulit visualisasi 3D	Representasi terfragmentasi
5	Pola pembelajaran	Fokus rumus, minim visualisasi dan eksplorasi konsep	Tidak relasional

B. Pembahasan

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa kesulitan belajar mahasiswa pada operasi dasar vektor tidak semata-mata bersumber dari ketidakmampuan melakukan perhitungan, melainkan dari lemahnya pemahaman relasional antara representasi aljabar, geometris, dan spasial. Pola ini menguatkan pandangan bahwa pembelajaran vektor yang berorientasi prosedural cenderung menghasilkan pemahaman yang rapuh dan tidak berkelanjutan (Cantika et al., 2024; Pranata, 2024).

Kesulitan mahasiswa dalam memahami kesamaan dan arah vektor menunjukkan bahwa konsep vektor sebagai besaran bebas belum sepenuhnya terbentuk. Temuan ini sejalan dengan Isnaini et al (2024) yang menyatakan bahwa miskonsepsi awal pada konsep vektor dasar berdampak signifikan terhadap pemahaman operasi vektor lanjutan. Ketika mahasiswa masih mengaitkan vektor dengan posisi geometris, maka proses abstraksi matematis tidak berkembang secara optimal.

Pada operasi dot product, ketimpangan antara kemampuan prosedural dan pemahaman makna geometris menunjukkan bahwa mahasiswa belum mengaitkan operasi ini dengan sudut antar vektor dan konsep proyeksi. Hal ini mengonfirmasi temuan Latifa et al (2021) yang menekankan bahwa pemahaman konsep matematis tidak akan terbentuk secara utuh tanpa adanya pengaitan antar representasi. Pembelajaran yang hanya menekankan pada penguasaan rumus berpotensi membatasi kemampuan mahasiswa dalam melakukan penalaran matematis yang lebih dalam.

Kesulitan yang paling menonjol pada cross product mengindikasikan bahwa kemampuan visualisasi spasial memainkan peran kunci dalam pembelajaran kalkulus vektor. Mahasiswa cenderung mampu menghitung besar cross product secara mekanis, tetapi gagal memahami arah hasil vektor secara spasial. Temuan ini sejalan dengan (Pranata, 2024; Taqwa & Rahim, 2022) yang menegaskan bahwa keterbatasan visualisasi ruang tiga dimensi menjadi salah satu faktor utama kesulitan belajar mahasiswa dalam topik-topik vektor dan geometri ruang.

Pada konsep proyeksi vektor, fragmentasi pemahaman mahasiswa menunjukkan bahwa konsep ini menuntut integrasi tingkat tinggi antara aljabar, geometri, dan visualisasi. (Farhana Maulida et al., 2023; Sabah, 2023) menegaskan bahwa tanpa dukungan media visual dinamis, mahasiswa cenderung memahami proyeksi secara verbal dan prosedural, tetapi tidak mampu memvisualisasikannya secara spasial. Hal ini memperkuat argumen bahwa penggunaan media visual interaktif, seperti simulasi tiga dimensi dan perangkat lunak matematis, merupakan kebutuhan pedagogis, bukan sekadar pelengkap pembelajaran.

Secara pedagogis, temuan penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan pembelajaran kalkulus vektor perlu bergeser dari dominasi latihan hitung menuju pembelajaran yang menekankan pemahaman konseptual dan visualisasi. (Barniol & Zavala, 2014) menunjukkan bahwa media interaktif 3D mampu menjembatani kesenjangan antara simbol matematika dan pemahaman geometris mahasiswa. Selain itu, pendekatan pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning) terbukti efektif dalam mendorong mahasiswa untuk mengaitkan konsep vektor dengan konteks nyata, sehingga memperkuat pemahaman relasional (Lailatun Nur Kamalia Siregar et al., 2023).

Berdasarkan temuan dan analisis literatur, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan desain pembelajaran kalkulus vektor yang secara eksplisit mengintegrasikan representasi aljabar, geometris, dan visual-spasial. Studi lanjutan dapat mengombinasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menguji efektivitas media visual interaktif atau pembelajaran berbasis masalah terhadap peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa (Matveeva et al., 2023).

Selain itu, penelitian masa depan dapat melibatkan jumlah subjek yang lebih beragam dan lintas program studi untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kesulitan belajar vektor. Eksplorasi penggunaan teknologi berbasis augmented reality atau simulasi tiga dimensi juga menjadi peluang riset yang menjanjikan dalam mengatasi keterbatasan visualisasi spasial mahasiswa pada pembelajaran kalkulus vektor (Qutsiah et al., 2016).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kesulitan belajar mahasiswa pada operasi dasar vektor tidak terutama disebabkan oleh ketidakmampuan melakukan perhitungan, melainkan oleh lemahnya pemahaman konseptual dan keterbatasan kemampuan visualisasi spasial. Mahasiswa cenderung memahami operasi vektor secara prosedural melalui rumus dan algoritma, tetapi belum mampu mengintegrasikan representasi aljabar, geometris, dan spasial secara relasional, khususnya pada konsep dot product, cross product, dan proyeksi vektor. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran kalkulus

vektor yang dominan berorientasi pada latihan hitung belum cukup untuk membangun pemahaman vektor yang bermakna dan berkelanjutan, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih menekankan eksplorasi konsep, visualisasi, dan keterkaitan antarrepresentasi matematis.

DAFTAR PUSTAKA

Asrianti, M. A., & Rakhmawati, F. R. (2024). The Effect Of Problem-Based Learning Model On Students' Mathematical Computational Thinking Skills. *JME (Journal of Mathematics Education)*, *9*(1), 83–88. https://doi.org/10.31327/jme.v9i1.2168

Barniol, P., & Zavala, G. (2014). Test of understanding of vectors: A reliable multiple-choice vector concept test. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *10*(1). https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010121

Cantika, M., F, A. R., & Elza Wulandari, dan. (2024). *Validasi Instrumen Diagnostik untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa pada Materi Vektor*.

Farhana Maulida, A., Zulkarnain, I., & Hidayanto, T. (2023). Analisis Miskonsepsi Peserta Didik Menggunakan Tes Diagnostik Four-Tier pada Materi Aljabar. *Mandalika Mathematics and Education Journal*, *5*, 152. https://doi.org/10.29303/jm.v5i1.4930

Isnaini, R., Fitriani, A. D., Praba, N. N. S., Amelia, A., Pratiwi, Y. C., Rohmi, A., Nafila, A., Tuzzuhro, N. N., Leviawati, T. U., Hazim, Moh. F., Mu'aziyah, S. E. S., & Supriyadi, S. (2024). Identifikasi Miskonsepsi Siswa Terhadap Materi Gerak Dan Gaya Di Smp Kecamatan Labang Kabupaten Bangkalan Menggunakan Diagnostic Three-Tier Test. *Vektor: Jurnal Pendidikan IPA*, *5*(02), 1–14. https://doi.org/10.35719/vektor.v5i02.156

Lailatun Nur Kamalia Siregar, Nurul Dinda Aulia, Sayang Pasaribu, Azwar Siregar, Ardila Salisa Adristi, Putri Novia Ramayani Siregar, & Salsa Fadilla. (2023). Implementasi Metode Problem-Based Learning (PBL) Dalam Pembelajaran Matematika Di SD Pelangi. *Jurnal Arjuna : Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Matematika*, *2*(1), 132–139. https://doi.org/10.61132/arjuna.v2i1.468

Latifa, B. R. A., Purwaningsih, E., & Sutopo, S. (2021). Identification of students' difficulties in understanding of vector concepts using test of understanding of vector. *Journal of Physics: Conference Series*, *2098*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012018

Matveeva, N., Dorel, L., Kosareva, I., & Sabirova, F. (2023). The influence of educational information visualization trends in higher education for students in the Russian Federation. *Frontiers in Education*, *8*, 1–12. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1190150

Mawardi, D. N., Budiningsih, C. A., & Sugiman. (2023). Blended Learning Effect on Mathematical Skills: A Meta-Analysis Study. *Ingenierie Des Systemes d'Information*, *28*(1), 197–204. https://doi.org/10.18280/isi.280122

Pranata, O. D. (2024a). Analysis of vector concept understanding and its correlation with basic mathematical abilities of prospective science teachers. *Contemporary Mathematics and Science Education*, *6*(1), ep25001. https://doi.org/10.30935/conmaths/15723

Pranata, O. D. (2024b). Students' understanding of vector operations: With and without physics education technology simulation. *Journal of Mathematics and Science Teacher*, *4*(3), em068. https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/14633

Prof. Dr. Sugiyono. (2006). *STATISTIK untuk PENELITIAN* (M. P. Endang Mulyatiningsih, Ed.). CV ALFABETA.

Qutsiah, S. A., Sophan, M. K., & Hendrawan, Y. F. (2016). Aplikasi Pembelajaran Matematika Dasar Bangun Datar Menggunakan Python Pada Perangkat Bergerak. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, *11*(3), 13–22.

Sabah, S. (2023). Science and engineering students' difficulties in understanding vector concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *19*(8). https://doi.org/10.29333/ejmste/13431

Taqwa, M. R. A., & Rahim, H. F. (2022). Students' conceptual understanding on vector topic in visual and mathematical representation: A comparative study. *Journal of Physics: Conference Series*, *2309*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012060