



EKSPLORASI MISKONSEPSI MAHASISWA TERHADAP OPERASI VEKTOR DALAM MATA KULIAH KALKULUS

Marta Uli Pasaribu¹; Leila Maisarah²; Wilda Anisa Ukhro Sinaga³; Sara Mutia⁴;
Siti Nuraisyah⁵; Amin Harahap⁶

[¹marsadpasribu@gmail.com](mailto:marsadpasribu@gmail.com), [²leilamn4176@gmail.com](mailto:leilamn4176@gmail.com), [³adnan030320@gmail.com](mailto:adnan030320@gmail.com),
[⁴mutiasara893@gmail.com](mailto:mutiasara893@gmail.com), [⁵nuraisyahsiti451@gmail.com](mailto:nuraisyahsiti451@gmail.com),
[⁶aminharahap19@gmail.com](mailto:aminharahap19@gmail.com)

^{1,2,3,4,5,6} Prodi Pendidikan Matematika, Universitas Labuhanbatu

¹Correspondence Email: marsadpasribu@gmail.com

Received: 11/03/2026	Accepted: 25/03/2026	Published: 31/03/2026
----------------------	----------------------	-----------------------

Abstract

This study aims to explore the misconceptions experienced by college students in understanding vector operations in Calculus courses. The research employs a qualitative approach with a phenomenological design to investigate students' conceptual experiences when learning vector concepts. The research subjects consisted of 12 second-semester students from the Mathematics Education study program who had completed the material on vector operations. Data were collected through diagnostic tests, in-depth interviews, and observations of the classroom learning process. The results indicate that students experience misconceptions in several key aspects of vector operations, namely vector addition and subtraction, scalar-vector multiplication, as well as dot products and cross products. The emerging misconceptions include errors in understanding vector direction, the application of ordinary arithmetic rules to vector operations, and difficulties in grasping the geometric meaning of vector operations. The findings of this study demonstrate that these misconceptions are primarily caused by weak conceptual understanding, the presence of negative transfer from prior algebraic concepts, and the limitations of students' spatial visualization skills. Therefore, vector instruction needs to emphasize the integration of symbolic and visual representations to enhance students' conceptual understanding.

Keywords: *Misconceptions; vector operations; calculus learning; conceptual understanding.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi miskonsepsi yang dialami mahasiswa dalam memahami operasi vektor pada mata kuliah kalkulus. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain fenomenologi untuk menggali pengalaman konseptual mahasiswa ketika mempelajari konsep vektor. Subjek penelitian terdiri dari 12 mahasiswa semester dua program studi pendidikan matematika yang telah mempelajari materi operasi vektor. Data penelitian dikumpulkan melalui tes diagnostik, wawancara mendalam, serta observasi proses pembelajaran di kelas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami miskonsepsi pada beberapa aspek utama operasi vektor, yaitu penjumlahan dan pengurangan vektor, perkalian skalar dengan vektor, serta perkalian titik dan perkalian silang. Miskonsepsi yang muncul antara lain kesalahan dalam memahami arah vektor, penggunaan aturan aritmetika biasa pada operasi vektor, serta kesulitan dalam memahami makna geometris dari operasi vektor. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa miskonsepsi terutama disebabkan oleh lemahnya pemahaman konseptual, adanya transfer negatif dari konsep aljabar sebelumnya, serta keterbatasan kemampuan visualisasi spasial mahasiswa. Oleh karena itu, pembelajaran vektor perlu menekankan integrasi antara representasi simbolik dan visual untuk meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa.

Kata Kunci: *miskonsepsi, operasi vektor, pembelajaran kalkulus, pemahaman konseptual.*

A. Pendahuluan

Vektor merupakan salah satu konsep fundamental dalam matematika dan fisika yang memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang keilmuan. Dalam mata kuliah kalkulus, pemahaman yang mendalam tentang operasi vektor menjadi prasyarat penting untuk mempelajari topik-topik lanjutan seperti kalkulus multivariabel, persamaan diferensial, dan mekanika. Namun, pengalaman pengajaran menunjukkan bahwa banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami dan mengaplikasikan konsep vektor dengan benar. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

Miskonsepsi atau kesalahpahaman konsep merupakan fenomena umum dalam pembelajaran matematika. Berbeda dengan kesalahan prosedural yang bersifat temporer, miskonsepsi cenderung bertahan lama dan dapat menghambat pembelajaran konsep-konsep matematika yang lebih kompleks. Dalam konteks operasi vektor, miskonsepsi dapat muncul karena mahasiswa cenderung memperlakukan vektor seperti bilangan skalar biasa, mengabaikan sifat-sifat khusus vektor seperti arah dan dimensi. (Chi, 2008)

Penelitian tentang miskonsepsi dalam pembelajaran vektor masih terbatas, terutama di konteks pendidikan tinggi Indonesia. Padahal, pemahaman yang mendalam tentang miskonsepsi mahasiswa dapat membantu dosen merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif dan tepat sasaran. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengeksplorasi secara mendalam miskonsepsi yang dialami mahasiswa dalam memahami operasi vektor. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu dilakukan dalam konteks pembelajaran fisika atau matematika dasar di luar konteks pendidikan tinggi di Indonesia. Penelitian yang secara khusus mengeksplorasi miskonsepsi mahasiswa pendidikan matematika terhadap operasi vektor dengan pendekatan fenomenologi masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) dalam dua aspek utama, yaitu pada konteks penelitian yang berfokus pada mahasiswa program studi pendidikan matematika di Indonesia serta penggunaan pendekatan fenomenologi untuk memahami pengalaman konseptual mahasiswa ketika mempelajari operasi vektor.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini memfokuskan kajian pada miskonsepsi mahasiswa dalam memahami operasi vektor pada mata kuliah kalkulus abstrak. Permasalahan yang dikaji meliputi bentuk-bentuk miskonsepsi yang dialami mahasiswa dalam memahami operasi vektor, karakteristik miskonsepsi yang muncul pada setiap jenis operasi vektor, serta faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya miskonsepsi tersebut. Sejalan dengan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai bentuk miskonsepsi mahasiswa terhadap operasi vektor, mendeskripsikan karakteristik miskonsepsi pada setiap jenis operasi vektor, serta menganalisis faktor-faktor yang menjadi penyebab munculnya miskonsepsi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi secara teoretis dalam memperkaya literatur mengenai miskonsepsi dalam pembelajaran matematika, khususnya pada konsep vektor, serta memberikan manfaat praktis berupa masukan bagi dosen dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif guna meminimalkan miskonsepsi mahasiswa pada materi vektor. (Chi, 2008).

Miskonsepsi dalam Pembelajaran Matematika

Miskonsepsi dapat didefinisikan sebagai konsepsi siswa yang berbeda dengan konsepsi ilmiah yang diterima secara umum oleh para ahli. Dalam pembelajaran matematika, miskonsepsi sering kali muncul karena siswa membangun pemahaman mereka sendiri berdasarkan pengalaman sebelumnya yang terbatas atau tidak tepat. Miskonsepsi memiliki beberapa karakteristik khusus, antara lain bersifat resisten terhadap perubahan, konsisten dalam berbagai konteks, dan dapat menghambat pembelajaran konsep baru. (Chi, 2008)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa miskonsepsi dalam matematika dapat muncul dari berbagai sumber, termasuk intuisi yang salah, generalisasi berlebihan, transfer negatif dari konsep sebelumnya, dan pengalaman belajar yang tidak memadai. Dalam konteks aljabar dan kalkulus, miskonsepsi sering terjadi karena mahasiswa cenderung menggunakan aturan aritmetika sederhana pada konsep yang lebih kompleks.

Konsep Vektor dan Operasinya

Vektor adalah besaran yang memiliki nilai (*magnitudo*) dan arah. Berbeda dengan skalar yang hanya memiliki nilai, vektor memerlukan informasi arah untuk menggambarkan

suatu kuantitas secara lengkap. Dalam sistem koordinat Kartesius tiga dimensi, vektor dapat dinyatakan dalam bentuk komponen.

Operasi-operasi dasar pada vektor meliputi:

1. Penjumlahan dan pengurangan vektor: Dilakukan dengan menjumlahkan atau mengurangi komponen-komponen yang bersesuaian
2. Perkalian skalar dengan vektor: Mengubah magnitudo vektor tanpa mengubah arahnya (kecuali jika skalar negatif)
3. Perkalian titik (dot product): Menghasilkan skalar dan terkait dengan proyeksi vektor
4. Perkalian silang (cross product): Menghasilkan vektor baru yang tegak lurus terhadap kedua vektor asal

Penelitian Terdahulu tentang Kesulitan Belajar Vektor

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengidentifikasi berbagai kesulitan yang dialami siswa dalam mempelajari vektor. Kesulitan tersebut antara lain dalam memvisualisasikan vektor dalam ruang tiga dimensi, memahami perbedaan antara vektor dan skalar, dan mengaplikasikan operasi vektor dalam pemecahan masalah. Namun, penelitian yang fokus pada miskonsepsi spesifik dalam operasi vektor, terutama di tingkat perguruan tinggi, masih terbatas. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian fenomenologi. Pendekatan fenomenologi dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam pengalaman dan pemahaman mahasiswa tentang operasi vektor, termasuk miskonsepsi yang mereka alami.

Subjek penelitian adalah 12 mahasiswa semester dua Program Studi Pendidikan Matematika di salah satu universitas negeri di Sumatera Utara yang sedang atau telah mengambil mata kuliah Kalkulus. Pemilihan subjek dilakukan secara purposive dengan kriteria: (1) telah mempelajari materi vektor, (2) bersedia menjadi subjek penelitian, dan (3) memiliki kemampuan komunikasi yang baik untuk dapat mengungkapkan pemikirannya secara verbal.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik, yaitu tes diagnostik, wawancara mendalam, dan observasi pembelajaran. Tes diagnostik digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual mahasiswa terhadap operasi vektor serta mendeteksi kemungkinan adanya miskonsepsi. Wawancara semi-terstruktur dilakukan untuk menggali lebih dalam alasan dan proses berpikir mahasiswa ketika menyelesaikan permasalahan terkait vektor. Selain itu, observasi pembelajaran dilakukan untuk mengamati bagaimana mahasiswa berinteraksi dengan materi pembelajaran dan bagaimana respon mereka terhadap penjelasan dosen selama proses perkuliahan..

Data dianalisis menggunakan teknik analisis fenomenologi melalui beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis. Proses analisis dimulai dengan tahap horisonalisasi, yaitu mengidentifikasi berbagai pernyataan signifikan yang muncul dari data yang telah dikumpulkan. Selanjutnya, pernyataan-pernyataan tersebut dikelompokkan ke dalam tema-tema tertentu yang merepresentasikan berbagai bentuk miskonsepsi yang dialami mahasiswa. Setelah proses pengelompokan dilakukan, peneliti menyusun deskripsi tekstural

yang bertujuan untuk menggambarkan secara rinci pengalaman subjek penelitian, khususnya terkait jenis miskonsepsi yang muncul dalam memahami operasi vektor. Tahap berikutnya adalah penyusunan deskripsi struktural yang menjelaskan bagaimana miskonsepsi tersebut dialami oleh subjek, termasuk konteks pembelajaran serta faktor-faktor yang mempengaruhi munculnya miskonsepsi tersebut. Pada tahap akhir, peneliti melakukan sintesis dengan mengintegrasikan deskripsi tekstural dan deskripsi struktural sehingga diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai esensi fenomena miskonsepsi mahasiswa dalam memahami operasi vektor.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi metode dan triangulasi sumber dengan membandingkan data yang diperoleh dari tes diagnostik, wawancara, dan observasi pembelajaran. Selain itu, proses member checking juga dilakukan dengan meminta partisipan untuk memverifikasi kembali interpretasi peneliti terhadap jawaban dan penjelasan yang mereka berikan.

Penelitian ini juga memperhatikan aspek etika penelitian. Sebelum proses pengumpulan data dilakukan, seluruh partisipan diberikan penjelasan mengenai tujuan penelitian dan prosedur yang akan dilakukan. Partisipan kemudian memberikan persetujuan secara sukarela (informed consent) untuk terlibat dalam penelitian. Identitas partisipan dijaga kerahasiaannya dengan menggunakan kode subjek selama proses analisis dan pelaporan hasil penelitian.

C. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil

Miskonsepsi pada Penjumlahan dan Pengurangan Vektor

Temuan

Analisis data menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami beberapa miskonsepsi dalam operasi penjumlahan dan pengurangan vektor:

Miskonsepsi 1: Penjumlahan Komponen secara Keliru

Sebagian mahasiswa menganggap bahwa penjumlahan vektor dilakukan dengan mengalikan komponen-komponen yang bersesuaian, bukan menjumlahkannya. Misalnya, untuk $a = (2, 3)$ dan $b = (1, 4)$, mereka menghitung $a + b = (2 \times 1, 3 \times 4) = (2, 12)$.

Salah satu subjek (S3) menjelaskan:

> “Saya pikir karena ini perkalian vektor, jadi komponennya dikalikan. Sama seperti kalau kita kalikan bilangan biasa.”

Miskonsepsi 2: Mengabaikan Arah Vektor

Beberapa mahasiswa hanya memperhatikan magnitudo vektor dan mengabaikan arahnya saat melakukan penjumlahan. Mereka menganggap penjumlahan vektor sama dengan penjumlahan skalar.

Subjek S7 menyatakan:

> “Saya cuma jumlahkan angka-angkanya saja. Belum terlalu paham kenapa harus pakai panah-panah segala.”

Miskonsepsi 3: Salah Memahami Pengurangan Vektor

Dalam pengurangan vektor, beberapa mahasiswa kesulitan memahami bahwa $a - b = a + (-b)$, di mana $-b$ adalah vektor dengan arah berlawanan dari b tetapi magnitudo sama. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

Mereka cenderung hanya mengurangi nilai absolut komponen tanpa memperhatikan arah. Miskonsepsi pada penjumlahan dan pengurangan vektor menunjukkan pemahaman konseptual yang lemah tentang sifat dasar vektor. Mahasiswa cenderung melakukan transfer negatif dari operasi aritmetika biasa ke operasi vektor. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa siswa sering mengalami kesulitan ketika harus beralih dari pemikiran aritmetika ke pemikiran aljabar atau geometri yang lebih abstrak. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

Faktor penyebab utama adalah:

1. Kurangnya visualisasi geometris dalam pembelajaran (Flores et al., 2004)
2. Penekanan berlebihan pada manipulasi simbolik tanpa pemahaman konseptual (Oehrtman et al., 2008)
3. Tidak adanya kaitan eksplisit antara representasi geometris dan aljabar vektor

Miskonsepsi pada Perkalian Skalar dengan Vektor

Miskonsepsi 4: Perkalian Skalar Mengubah Arah Vektor

Beberapa mahasiswa percaya bahwa perkalian dengan skalar positif dapat mengubah arah vektor, bukan hanya magnitudonya. Mereka tidak memahami bahwa perkalian dengan skalar positif hanya “meregangkan” atau “menyusutkan” vektor sepanjang garis yang sama.

Subjek S5 mengatakan:

> “Kalau dikali 2, berarti vektornya berubah arah dua kali lipat juga.”

Miskonsepsi 5: Perkalian dengan Skalar Negatif

Mahasiswa mengalami kesulitan memahami efek perkalian dengan skalar negatif. Beberapa dari mereka menganggap bahwa -2 berarti vektor dengan komponen negatif, bukan vektor dengan arah berlawanan dan magnitudo dua kali lipat. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003).

Miskonsepsi ini menunjukkan pemahaman yang tidak lengkap tentang hubungan antara representasi aljabar dan geometris vektor. Mahasiswa dapat melakukan manipulasi aljabar (mengalikan komponen dengan skalar) tetapi tidak memahami makna geometrisnya.

Visualisasi yang kurang memadai dalam pembelajaran menjadi faktor utama. Banyak dosen mengajarkan operasi vektor secara algoritmik tanpa memberikan visualisasi yang cukup tentang apa yang terjadi secara geometris. (Flores et al., 2004)

Miskonsepsi pada Perkalian Titik (Dot Product)

Miskonsepsi 6: Perkalian Titik Menghasilkan Vektor

Sejumlah mahasiswa percaya bahwa hasil perkalian titik adalah vektor, bukan skalar. Mereka menghitung $a \cdot b$ dengan mengalikan komponen-komponen yang bersesuaian tetapi tidak menjumlahkan hasilnya, sehingga menghasilkan “vektor baru”.

Subjek S2 menjelaskan:

> “Perkalian titik kan tetap perkalian vektor, jadi hasilnya juga vektor. Saya kalikan saja komponennya satu-satu.”

Miskonsepsi 7: Tidak Memahami Makna Geometris

Mahasiswa kesulitan memahami bahwa perkalian titik terkait dengan sudut antara dua vektor dan proyeksi. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

Mereka hanya menghafalkan rumus tanpa memahami konsep di baliknya.

Miskonsepsi 8: Mengabaikan Komutatifitas

Beberapa mahasiswa percaya bahwa $a \cdot b \neq b \cdot a$, menunjukkan kurangnya pemahaman tentang sifat-sifat operasi vektor. Miskonsepsi pada perkalian titik sangat terkait dengan pembelajaran yang berfokus pada prosedur komputasi tanpa pemahaman konseptual. Mahasiswa dapat menghitung perkalian titik secara mekanis tetapi tidak memahami apa yang sebenarnya dihitung dan mengapa hasilnya adalah skalar. (Oehrtman et al., 2008).

Kurangnya kaitan antara rumus aljabar dengan interpretasi geometrisnya (sudut dan proyeksi) membuat konsep ini tetap abstrak dan tidak bermakna bagi mahasiswa. Penggunaan contoh aplikatif, seperti menghitung kerja dalam fisika, dapat membantu mahasiswa memahami makna perkalian titik dengan lebih baik.

Miskonsepsi pada Perkalian Silang (Cross Product)

Miskonsepsi 9: Perkalian Silang Menghasilkan Skalar

Beberapa mahasiswa bingung membedakan perkalian titik dan perkalian silang, sehingga percaya bahwa perkalian silang juga menghasilkan skalar.

Miskonsepsi 10: Arah Hasil Perkalian Silang

Mahasiswa mengalami kesulitan besar dalam menentukan arah vektor hasil perkalian silang. Meskipun dapat menghitung komponennya menggunakan determinan, mereka tidak memahami bahwa vektor hasil tegak lurus terhadap kedua vektor asal. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

Subjek S11 mengungkapkan:

> “Saya bisa hitung dengan rumus determinan, tapi tidak tahu kenapa hasilnya seperti itu dan ke mana arahnya.”

Miskonsepsi 11: Antikomutatifitas

Mahasiswa tidak memahami bahwa $a \times b = -(b \times a)$, yang merupakan sifat unik perkalian silang. Mereka menganggap perkalian silang komutatif seperti perkalian titik. Perkalian silang adalah konsep yang paling menantang karena sifat-sifatnya yang unik dan hanya didefinisikan dalam ruang tiga dimensi. Miskonsepsi pada perkalian silang menunjukkan kesulitan mahasiswa dalam visualisasi spasial tiga dimensi. (Flores et al., 2004)

Penggunaan aturan tangan kanan untuk menentukan arah hasil perkalian silang sering kali diajarkan tanpa penjelasan yang cukup tentang alasan geometrisnya. Akibatnya, mahasiswa memperlakukan aturan ini sebagai “trik” tanpa pemahaman yang mendalam.

Faktor-Faktor Penyebab Miskonsepsi

Berdasarkan analisis mendalam terhadap data, penelitian ini mengidentifikasi beberapa faktor utama penyebab miskonsepsi:

- a. Pemahaman Konseptual yang Lemah (Oehrtman et al., 2008)
Mahasiswa cenderung belajar operasi vektor secara prosedural tanpa membangun pemahaman konseptual yang kuat. Mereka dapat melakukan manipulasi aljabar tetapi tidak memahami makna di baliknya. (Oehrtman et al., 2008)
- b. Transfer Negatif dari Konsep Sebelumnya
Mahasiswa sering mengalami transfer negatif dari operasi aritmetika atau aljabar biasa ke operasi vektor. Mereka mengasumsikan bahwa aturan-aturan yang berlaku untuk bilangan skalar juga berlaku untuk vektor.
- c. Visualisasi Spasial yang Kurang Memadai (Flores et al., 2004)
Banyak mahasiswa kesulitan dalam memvisualisasikan vektor dalam ruang, terutama ruang tiga dimensi. Kemampuan visualisasi spasial yang lemah membuat mereka sulit memahami makna geometris dari operasi vektor. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003)

Pembelajaran yang Terlalu Menekankan Prosedur Metode pembelajaran yang terlalu menekankan pada langkah-langkah komputasi tanpa memberikan pemahaman konseptual yang cukup berkontribusi pada munculnya miskonsepsi. Mahasiswa belajar “bagaimana” melakukan operasi tanpa memahami “mengapa”. (Oehrtman et al., 2008)

Kurangnya Kaitan dengan Konteks Aplikatif

Pembelajaran vektor yang terlepas dari konteks aplikatif membuat konsep ini terasa abstrak dan tidak bermakna. Mahasiswa kesulitan melihat relevansi dan kegunaan konsep vektor dalam situasi nyata. (Knight, 1995; Nguyen & Meltzer, 2003).

b. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai miskonsepsi mahasiswa dalam operasi vektor berkaitan erat dengan lemahnya pemahaman konseptual terhadap sifat dasar vektor. Mahasiswa cenderung menggunakan pola berpikir aritmetika yang telah mereka pelajari sebelumnya ketika menghadapi konsep vektor yang lebih abstrak. Fenomena ini menunjukkan adanya transfer negatif dari konsep matematika sebelumnya ke konsep baru.

Kesulitan dalam memahami operasi vektor juga berkaitan dengan keterbatasan kemampuan visualisasi spasial mahasiswa. Banyak mahasiswa lebih terbiasa menggunakan representasi simbolik dibandingkan dengan representasi geometris. Akibatnya, mahasiswa mampu melakukan manipulasi aljabar tanpa memahami makna geometris dari operasi yang dilakukan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian internasional yang menunjukkan bahwa konsep vektor merupakan salah satu konsep yang paling menantang dalam pembelajaran matematika dan fisika. Penelitian Knight (1995) serta Nguyen dan Meltzer (2003) menunjukkan bahwa mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara representasi simbolik dan geometris dari vektor. Selain itu, Flores, Kanim, dan Kautz (2004) juga menunjukkan bahwa keterbatasan kemampuan visualisasi spasial merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep vektor dalam ruang tiga dimensi.

Dalam konteks pedagogis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran vektor tidak cukup hanya menekankan manipulasi simbolik atau prosedural. Pembelajaran

perlu dirancang untuk membantu mahasiswa membangun hubungan antara representasi aljabar, geometris, dan konseptual dari vektor. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah pemanfaatan perangkat lunak geometri dinamis seperti GeoGebra atau MATLAB untuk memvisualisasikan operasi vektor secara interaktif. Penggunaan visualisasi dinamis dapat membantu mahasiswa memahami hubungan antara perubahan nilai komponen vektor dengan perubahan arah dan magnitudo vektor secara geometris.

Selain itu, pendekatan pembelajaran berbasis conceptual change juga dapat diterapkan untuk membantu mahasiswa merekonstruksi pemahaman konsep yang keliru. Melalui pendekatan ini, mahasiswa diajak untuk mengidentifikasi dan merefleksikan miskonsepsi yang mereka miliki sehingga mereka dapat membangun pemahaman konsep yang lebih akurat. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa miskonsepsi dalam operasi vektor tidak hanya merupakan masalah prosedural, tetapi juga berkaitan dengan cara mahasiswa membangun representasi mental terhadap konsep matematika yang abstrak.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa masih mengalami berbagai miskonsepsi dalam memahami operasi vektor pada mata kuliah kalkulus. Miskonsepsi tersebut mencakup kesalahan dalam memahami penjumlahan dan pengurangan vektor, kesalahan dalam menafsirkan pengaruh skalar terhadap vektor, serta kesalahan dalam memahami hasil operasi perkalian titik dan perkalian silang.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa miskonsepsi tidak hanya disebabkan oleh kesalahan prosedural, tetapi juga berkaitan dengan lemahnya pemahaman konseptual mahasiswa terhadap sifat dasar vektor. Selain itu, kemampuan visualisasi spasial yang terbatas serta kecenderungan mahasiswa menggunakan aturan aritmetika biasa dalam konteks vektor turut memperkuat munculnya miskonsepsi.

Secara pedagogis, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pembelajaran yang menekankan integrasi antara representasi simbolik dan visual dalam konsep vektor. Penggunaan media visual, perangkat lunak matematika dinamis, serta pendekatan pembelajaran berbasis conceptual change dapat menjadi strategi yang efektif untuk membantu mahasiswa membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam.

Daftar Pustaka

- 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), 010121.
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Routledge.
- Flores, S., Kanim, S. E., & Kautz, C. H. (2004). Student use of vectors in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 72(4), 460–468.
- Knight, R. D. (1995). The vector knowledge of beginning physics students. *The Physics Teacher*, 33(2), 74–78.
- Nguyen, N. L., & Meltzer, D. E. (2003). Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 71(6), 630–638.
- Oehrtman, M., Carlson, M., & Thompson, P. W. (2008). Foundational reasoning abilities that promote coherence in students' function understanding. In *Making the connection: Research and teaching in undergraduate mathematics education* (pp. 27–42).
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73(10), 921–931.