

Pengaruh Penerapan Model Problem Based Learning Terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep Vektor di Jenjang SMA

Siti Hindun Suciawaty ✉ Universitas Muhammadiyah Cirebon

Desy Lusiyana, Universitas Muhammadiyah Cirebon

Tohir Makhmud, SMAN 1 Sumber

✉ sitihindunsuciawaty@gmail.com

desy.lusiyana@umc.ac.id

tototohir6@gmail.com

Abstract: Abstract: This classroom action research investigated the effect of the Problem Based Learning (PBL) model on the conceptual understanding of vectors in 11th-grade students. Using a mixed-methods approach, the study analyzed both quantitative and qualitative data. The results showed that PBL successfully improved students' average scores in conceptual understanding, particularly in Cycle 2, where the increase reached an N-Gain of 0.49 (moderate category). The model was effective in enhancing students' foundational conceptual understanding, application skills, and mathematical communication skills. However, the study also identified a specific obstacle in vector drawing skills, as evidenced by students' difficulties in accurately representing direction, scale, and the resultant vector. This finding concludes that PBL has great potential for improving conceptual understanding in general, but its implementation needs to be adapted to place greater emphasis on spatial visualization skills.

Keywords: problem based learning (PBL), vector concept understanding, learning outcomes, data analysis, mathematics learning

Abstrak: Penelitian tindakan kelas ini menginvestigasi pengaruh model Problem Based Learning (PBL) terhadap pemahaman konsep vektor siswa kelas XI. Dengan menggunakan pendekatan campuran, penelitian menganalisis data kuantitatif dan kualitatif. Hasilnya menunjukkan bahwa PBL berhasil meningkatkan rata-rata skor pemahaman konsep siswa, terutama pada Siklus 2, di mana peningkatan mencapai N-Gain 0,49 (kategori sedang). Model ini efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dasar, kemampuan aplikasi, dan keterampilan komunikasi matematis. Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi kendala spesifik pada keterampilan menggambar vektor, yang terlihat dari kesulitan siswa dalam merepresentasikan arah, skala, dan resultan secara akurat. Temuan ini menyimpulkan bahwa PBL memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman konsep secara umum, tetapi implementasinya perlu disesuaikan untuk lebih menekankan pada keterampilan visualisasi spasial

Kata kunci: problem based learning, pemahaman konsep vektor, hasil belajar, analisis data, pembelajaran matematika

Received: 30 Oktober 2025

Approved: 30 Oktober 2025

Published: 31 Desember 2025

Citation: Hindun Suciawaty, Siti, Desy Lusiyana, and Tohir Makhmud. "Pengaruh Penerapan Model Based Learning Terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep Vektor di Jenjang SMA." *Kaisa: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran* 5, no. 2 (Desember 31, 2025): 188-199.



Copyright ©2025 Siti Hindun Suciawaty, Desy Lusiyana, and Tohir Makhmud.

Published by Jurusan Tarbiyah dan Keguruan STAIN Bengkalis.

This work is licensed under the [CC BY NC SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep matematika merupakan fondasi krusial bagi keberhasilan siswa dalam mempelajari materi matematika yang lebih lanjut dan aplikasinya dalam berbagai disiplin ilmu.¹ Salah satu materi matematika di jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) yang memerlukan pemahaman konseptual yang kuat adalah vektor. Vektor tidak hanya menjadi dasar dalam matematika, tetapi juga memiliki peran penting dalam fisika, rekayasa, ilmu komputer, dan bidang lainnya.² Namun, observasi di lapangan dan berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep vektor seringkali menjadi tantangan bagi siswa SMA.³ Kesulitan ini dapat disebabkan oleh sifat abstrak dari konsep vektor dan kurangnya keterkaitan dengan pengalaman nyata siswa dalam pembelajaran konvensional.⁴ Akibatnya, siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna dan aplikasinya secara mendalam, yang pada akhirnya menghambat kemampuan mereka dalam menyelesaikan masalah yang lebih kompleks.

Untuk mengatasi permasalahan ini, berbagai pendekatan pembelajaran telah diupayakan. Salah satu pendekatan pembelajaran yang diyakini dapat meningkatkan pemahaman konseptual adalah model *Problem Based Learning* (PBL).⁵ muncul sebagai salah satu model yang diyakini efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual. PBL adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa, di mana mereka dihadapkan pada masalah otentik yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Melalui proses pemecahan masalah secara kolaboratif, siswa didorong untuk mengkonstruksi pengetahuan mereka sendiri, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, dan meningkatkan pemahaman konsep secara mendalam.⁶

¹ Tommy Tanu Wijaya et al., "Factors Affecting the Use of Digital Mathematics Textbooks in Indonesia," *Mathematics* 10, no. 11 (2022): 1–18.

² Loris Delafosse, "A New Approach to Screw Theory Using Geometric Algebra Loris Delafosse To Cite This Version : HAL Id : Hal-04177875" (2023): 0–36.

³ Georgios Lampropoulos and Wilfried Admiraal, "The Impact of COVID-19 Pandemic on Primary, Secondary, and K-12 Education: A Systematic Review," *International Journal on Studies in Education* 5, no. 4 (2023): 348–440.

⁴ Kanthi Nugraheni, Heru Kuswanto, and Jumadi Jumadi, "Developmet of Android E-Book Forms of Energy to Improve Students' Critical Thinking and Mathematical Representation Skills," *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)* 12, no. 09 (2024): 3578–3588.

⁵ Teguh Iman Perdana and Hendry Sugara, "Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smk Negeri 1 Kedawung Dengan Menggunakan Model Problem Based Learning," *Literasi : Jurnal Bahasa dan Sastra Indonesia serta Pembelajarannya* 4, no. 2 (2020): 102.

⁶ Fathurrohman, "Model-Model Pembelajaran Yang Disampaikan Dalam Acara Pelatihan Guru Post Traumatik PKO Muhammadiyah Dosen PPSD FIP UNY," *Model-Model Pembelajaran* (2015): 1–6; Rika Khairunnisa and Ayu Faradillah, "The Effect of Augmented Reality-Assisted Problem-Based Learning on Mathematical Reasoning Ability," *Jurnal Pendidikan Progresif* 13, no. 2 (2023): 833–846.

Penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Setiawan (2021) dan Lestari (2023), menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam pemahaman konsep vektor siswa setelah penerapan model ini. Penelitian-penelitian ini menyoroti bagaimana aktivitas pemecahan masalah dalam PBL membantu siswa mengaitkan konsep abstrak vektor dengan situasi nyata, sehingga mempermudah internalisasi konsep. Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa meskipun hasil penelitian tentang pengaruh PBL terhadap pemahaman konsep vektor cenderung positif, masih ada kesenjangan penelitian. Beberapa studi, seperti penelitian oleh Nugroho & Maulana (2022), menemukan bahwa peningkatannya tidak terlalu signifikan dan dipengaruhi oleh faktor lain seperti kemampuan awal siswa dan implementasi di kelas. Keragaman hasil ini menunjukkan bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengonfirmasi dan memperdalam pemahaman mengenai efektivitas PBL dalam konteks pemahaman konsep vektor di SMA, dengan mempertimbangkan variabel-variabel yang mungkin berpengaruh. Penelitian ini akan mengisi kesenjangan tersebut dengan memberikan data empiris yang lebih komprehensif.

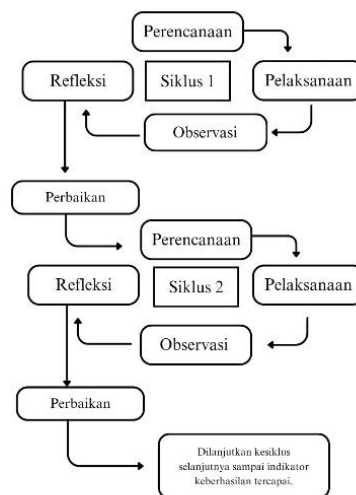
Secara teoretis, penelitian ini berlandaskan pada teori konstruktivisme, yang menyatakan bahwa siswa membangun pemahaman baru secara aktif berdasarkan pengetahuan dan pengalaman sebelumnya (Piaget, 1954; Vygotsky, 1978). Dalam konteks PBL, siswa terlibat langsung dalam mengidentifikasi masalah, merumuskan solusi, dan mengevaluasi hasil. Proses ini mendorong mereka untuk menghubungkan konsep-konsep abstrak vektor dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki, sehingga mengkonstruksi pemahaman yang lebih mendalam. Selain itu, teori pembelajaran sosial juga relevan, di mana kolaborasi antar siswa dalam memecahkan masalah dapat memperkaya pemahaman dan perspektif mereka terhadap konsep vektor.

Penelitian mengenai pengaruh PBL terhadap peningkatan pemahaman konsep vektor di SMA memiliki urgensi yang signifikan. Pertama, pemahaman konsep vektor yang kuat adalah prasyarat penting untuk studi fisika dan matematika lanjutan serta aplikasinya dalam bidang teknologi dan rekayasa. Kedua, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi para pendidik dan pembuat kebijakan dalam mengembangkan strategi pembelajaran matematika yang lebih efektif dan inovatif. Dengan mengetahui efektivitas PBL, guru dapat memiliki alternatif model pembelajaran yang terbukti mampu meningkatkan kualitas pemahaman siswa. Ketiga, penelitian ini juga diharapkan menjadi landasan bagi studi-studi selanjutnya yang lebih mendalam, termasuk eksplorasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan atau kegagalan implementasi PBL dalam pembelajaran vektor.

METODE

Penelitian tindakan kelas ini dirancang untuk menginvestigasi pengaruh model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap pemahaman konsep vektor siswa kelas XI. Proses PTK ini akan dilaksanakan dalam beberapa siklus, yang setiap siklusnya terdiri dari empat tahapan utama. Tahap pertama adalah perencanaan, dimana masalah pembelajaran diidentifikasi yaitu rendahnya pemahaman konsep vektor, solusi tindakan ditentukan yaitu penerapan model PBL, rencana pembelajaran disusun, dan instrumen pengumpulan data dikembangkan. Tahap kedua adalah tindakan, yaitu pelaksanaan pembelajaran

materi vektor dengan model PBL di kelas. Tahap ketiga adalah observasi, dimana data hasil belajar siswa dikumpulkan melalui tes, aktivitas siswa dan guru selama pembelajaran dicatat, dan wawancara dengan siswa dan guru dilakukan. Tahap keempat adalah refleksi, yaitu analisis data yang terkumpul untuk mengidentifikasi keberhasilan dan kelemahan pembelajaran serta menentukan perbaikan untuk siklus selanjutnya. Jika hasil refleksi menunjukkan perlunya perbaikan, maka akan dilakukan siklus kedua dengan tahapan yang sama, namun dengan rencana pembelajaran yang telah direvisi. PTK ini akan terus berlanjut hingga masalah pembelajaran teratasi dan peningkatan pemahaman konsep vektor siswa tercapai. Berikut alur yang dilakukan:



Gambar 1 Alur Tindakan Kelas

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa kelas XI di SMAN 1 Sumber pada tahun ajaran 2025. Mengingat keterbatasan waktu dan sumber daya, sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan menetapkan siswa kelas XI 1 yang berjumlah 36 siswa sebagai kelompok sampel penelitian. Pemilihan kelas ini didasarkan pada pertimbangan representasi dan kemudahan akses bagi peneliti dalam melaksanakan intervensi pembelajaran. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI 1 SMAN 1 Sumber yang berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran dengan model *Problem Based Learning*, sementara objek penelitiannya adalah pengaruh penerapan model pembelajaran tersebut terhadap peningkatan pemahaman konsep vektor yang dimiliki siswa. Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Sumber yang berlokasi di Jl. Sunan Malik Ibrahim No.4, Sumber, Kec. Sumber, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 45611, dengan pertimbangan izin dan fasilitas yang diberikan oleh pihak sekolah.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui instrumen tes tertulis yang dirancang khusus untuk mengukur pemahaman konsep vektor siswa. Pengembangan instrumen ini melibatkan serangkaian tahapan yang sistematis. Awalnya, peneliti menyusun kisi-kisi tes yang didasarkan pada indikator-indikator pemahaman konsep vektor yang relevan dengan kurikulum yang berlaku saat ini.⁷ Selanjutnya, berdasarkan

⁷ Achmad Fauzi, "Implementasi Kurikulum Merdeka Di Sekolah Penggerak," *Pahlawan: Jurnal Pendidikan-Sosial-Budaya* 18, no. 2 (2022): 18–22.

kisi-kisi tersebut, sejumlah butir soal dengan tingkat kesulitan yang bervariasi ditulis. Untuk memastikan validitas isi instrumen, tes ini kemudian divalidasi oleh ahli materi matematika dan ahli dalam bidang pengukuran pendidikan.⁸ Sebelum digunakan dalam penelitian sesungguhnya, instrumen tes diujicobakan terlebih dahulu pada kelompok siswa di luar sampel penelitian untuk menguji validitas empiris, termasuk daya beda dan tingkat kesulitan butir soal, serta reliabilitas instrumen secara keseluruhan.⁹ Berdasarkan hasil uji coba, dilakukan revisi terhadap butir-butir soal yang tidak memenuhi kriteria agar instrumen menjadi lebih berkualitas dan reliabel. Instrumen tes yang final kemudian digunakan sebagai *pre-test* untuk mengukur pemahaman awal siswa sebelum perlakuan dan sebagai *post-test* untuk mengukur pemahaman siswa setelah implementasi model PBL.

Analisis data dalam penelitian tindakan kelas ini menggunakan pendekatan campuran (*mixed methods*) yang mengintegrasikan data kuantitatif dan kualitatif untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai pengaruh penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) terhadap peningkatan pemahaman konsep vektor. Data kuantitatif yang dianalisis meliputi skor *pre-test* dan *post-test* pemahaman konsep vektor pada setiap siklus, respons siswa terhadap model PBL melalui angket, serta data observasi terstruktur mengenai keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Analisis deskriptif dilakukan untuk melihat tendensi sentral (rata-rata, median), sebaran data (standar deviasi), dan tingkat keberhasilan belajar siswa antar siklus. Tingkat keberhasilan belajar dihitung berdasarkan persentase siswa yang mencapai atau melampaui kriteria ketuntasan minimal (KKM) yang ditetapkan, dengan rumus:

$$\text{Tingkat Keberhasilan} = \frac{\text{jumlah tuntas}}{\text{jumlah keseluruhan}} \times 100\% \quad (1)$$

Peningkatan persentase tingkat keberhasilan belajar dari siklus ke siklus akan menjadi salah satu indikator utama efektivitas tindakan.¹⁰ Lebih lanjut, untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep secara proporsional dengan mempertimbangkan skor awal siswa, digunakan perhitungan *gain score* ternormalisasi (*Normalized Gain* atau N-Gain) dengan rumus:

$$N - \text{Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretets}}{\text{Skor Minimum} - \text{Skor Pretest}} \quad (2)$$

Nilai N-Gain yang diperoleh kemudian diinterpretasikan ke dalam kategori tinggi (≥ 0.7), sedang ($0.3 - < 0.7$), dan rendah (< 0.3) untuk mengevaluasi efektivitas intervensi. Data angket respons siswa dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi perubahan persepsi siswa terhadap PBL, sementara data observasi keterlibatan siswa dianalisis untuk melihat peningkatan partisipasi aktif selama pembelajaran.

⁸ Shafira and Retnaningdyah, "Exploitation and Conservation: Human Attitude Towards Nature in Frank Herbert's Dune."

⁹ Lilih Deva Martias, "Statistika Deskriptif Sebagai Kumpulan Informasi," *Fihris: Jurnal Ilmu Perpustakaan dan Informasi* 16, no. 1 (2021): 40.

¹⁰ May Olaug Horverak, "English Writing Instruction in Norwegian Upper Secondary Schools," *Acta Didactica Norge* 9, no. 1 (2015): 11.

Sejalan dengan data kuantitatif, data kualitatif dianalisis melalui reduksi data, kategorisasi, dan interpretasi catatan observasi lapangan, transkrip wawancara siswa, catatan refleksi guru, serta hasil kerja siswa. Pola dan tema yang muncul dari data kualitatif diidentifikasi untuk memberikan penjelasan mendalam mengenai proses pembelajaran dan pengalaman siswa dengan PBL.¹¹ Triangulasi data dari berbagai sumber kualitatif (observasi, wawancara, refleksi, hasil kerja siswa) digunakan untuk meningkatkan validitas temuan. Misalnya, peningkatan tingkat keberhasilan belajar dan nilai N-Gain yang signifikan akan dianalisis bersamaan dengan kutipan wawancara siswa yang menyatakan pemahaman mereka terbantu oleh diskusi kelompok dan aplikasi konsep dalam konteks masalah yang relevan.¹²

Catatan refleksi guru juga dianalisis untuk melihat bagaimana implementasi PBL berkontribusi pada perubahan pemahaman.¹³ Integrasi antara hasil analisis kuantitatif dan kualitatif ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang utuh mengenai efektivitas PBL dalam meningkatkan pemahaman konsep vektor di jenjang SMA.¹⁴ Untuk memperkuat validitas dan kredibilitas temuan penelitian, akan diterapkan teknik triangulasi data, khususnya triangulasi metode. Selain data kuantitatif dari tes, peneliti juga akan melakukan observasi langsung selama proses pembelajaran berlangsung disetiap siklusnya. Fokus observasi adalah pada interaksi siswa, tingkat keterlibatan mereka dalam kegiatan pemecahan masalah yang disajikan dalam model PBL, serta respons dan antusiasme mereka terhadap pendekatan pembelajaran ini.¹⁵ Catatan hasil observasi ini akan dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan hasil analisis statistik dari tes untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam dan komprehensif mengenai pengaruh penerapan model *Problem Based Learning* terhadap pemahaman konsep vektor siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis data kuantitatif yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian tindakan kelas (PTK) dalam tiga siklus. Data yang dianalisis meliputi rata-rata skor *pre-test* dan *post-test* pemahaman konsep vektor, nilai *Normalized Gain* (N-Gain), serta tingkat keberhasilan belajar peserta didik pada setiap siklus. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perkembangan pemahaman konsep vektor setelah penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL), ringkasan hasil disajikan dalam bentuk tabel berikut:

¹¹ Ni Magfiroh, Admaja Dwi Herlambang, and Prima Zulvarina, "Pembentukan Kemampuan Abstraksi Siswa Dalam Mata Pelajaran Pemrograman Web Melalui Penguatan Pengalaman Pemecahan Masalah" 9, no. 3 (2025): 1–10.

¹² Elvira Alicia Mendoza Castro, "Analysis of Problem Solving Ability of First Middle School Students in Learning Science," *Integrated Science Education Journal* 4, no. 2 (2023): 43–53.

¹³ Mawadah Putri Islamiati, "Studi Kasus Kemampuan Abstraksi Matematis Siswa Kelas XII Pada Materi Dimensi Tiga," *Didactical Mathematics* 4, no. 1 (2022): 127–137.

¹⁴ Shafira and Retnaningdyah, "Exploitation and Conservation: Human Attitude Towards Nature in Frank Herbert's Dune."

¹⁵ Caroline Flammer and Ioannis Ioannou, "Metodologi Penelitian Kualitatif Dan Kuantitatif," *Brigham Young University* 1, no. 69 (2015): 5–24.

Tabel 1. Hasil Peningkatan Pemahaman Konsep Vektor Per Siklus

Siklus	Rata-rata Pre-Test	Rata-rata Post-Test	Peningkatan Rata-rata	N-Gain	Kategori N-Gain	Tingkat Keberhasilan Pre-Test (%)	Tingkat Keberhasilan Post-Test(%)	Peningkatan Tingkat Keberhasilan (%)
1	34.50	52.25	17.75	0.27	Rendah	10%	35%	25%
2	63.70	81.50	17.80	0.49	Sedang	45%	80%	35%
3	54.00	66.38	12.38	0.27	Rendah	30%	55%	25%

Berdasarkan data pada Tabel di atas, terjadi peningkatan rata-rata pemahaman konsep vektor peserta didik dari *pre-test* ke *post-test* pada setiap siklus penelitian tindakan kelas (PTK). Pada Siklus 1, rata-rata *pre-test* adalah 34.50 meningkat menjadi 52.25 pada *post-test*, dengan nilai N-Gain sebesar 0.27 yang termasuk dalam kategori rendah. Tingkat keberhasilan belajar juga menunjukkan peningkatan dari 10% pada *pre-test* menjadi 35% pada *post-test*.

Peningkatan yang lebih signifikan terlihat pada Siklus 2, dimana rata-rata *pre-test* adalah 63.70 dan meningkat menjadi 81.50 pada *post-test*, menghasilkan nilai N-Gain sebesar 0.49 yang termasuk dalam kategori sedang. Tingkat keberhasilan belajar pada siklus ini juga meningkat pesat dari 45% menjadi 80%. Peningkatan yang cukup baik pada Siklus 2 ini kemungkinan disebabkan oleh adaptasi peserta didik terhadap model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) dan pengelolaan pembelajaran yang lebih efektif setelah refleksi pada Siklus 1.

Menariknya, terjadi penurunan peningkatan pada Siklus 3, dimana rata-rata *pre-test* adalah 54.00 dan *post-test* mencapai 66.38, dengan nilai N-Gain kembali pada kategori rendah yaitu 0.27. Tingkat keberhasilan belajar juga menunjukkan peningkatan yang sama dengan Siklus 1, dari 30% menjadi 55%. Penurunan efektivitas pada Siklus 3 ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor yang teridentifikasi selama proses penelitian. *Pertama*, jeda waktu yang cukup lama antar siklus akibat libur Ramadhan dan Idul Fitri kemungkinan mempengaruhi retensi materi yang telah dipelajari peserta didik. Penelitian menunjukkan bahwa jarak waktu antar sesi pembelajaran dapat menyebabkan penurunan signifikan dalam retensi jangka panjang. *Kedua*, kemampuan spasial peserta didik yang beragam, dimana sebagian mungkin memiliki kemampuan visualisasi ruang yang kurang, menjadi kendala dalam memahami konsep vektor yang melibatkan representasi geometris.¹⁶ Pengembangan kemampuan spasial memerlukan intervensi pedagogis yang dirancang khusus.¹⁷ *Ketiga*, keterbatasan daya ingat jangka pendek (*short-term memory*) peserta didik juga dapat menjadi faktor penghambat dalam mengingat dan mengaplikasikan berbagai konsep dan prosedur dalam pemecahan masalah vektor.

¹⁶ Budi Handoyo et al., "Effect of The Spatial Based Learning Using Quantum Geographic Information System on Students' Critical Thinking Skills," *Journal of Social Studies Education Research* 15, no. 5 (2024): 328–379.

¹⁷ Lamberthus J Lokollo et al., "Mengembangkan Kemampuan Berpikir Spasial Melalui Pendidikan STEM Di Sekolah Dasar" (2023): 293–308.

Strategi pembelajaran yang mempertimbangkan batasan memori kerja, seperti penyajian informasi yang terstruktur dan *chunking*, menjadi penting.

Berdasarkan hasil penelitian tindakan kelas (PTK) yang menunjukkan penurunan peningkatan pemahaman konsep vektor pada Siklus 3 setelah jeda waktu libur Ramadhan dan Idul Fitri, temuan ini selaras dengan penelitian yang menekankan pentingnya *spacing effect* dalam pembelajaran matematika. Sebagai contoh, artikel dalam *Educational Studies in Mathematics* menyoroti bahwa retensi jangka panjang materi matematika sangat dipengaruhi oleh distribusi waktu belajar. Jeda waktu yang panjang tanpa adanya pengulangan materi dapat menyebabkan penurunan signifikan dalam kemampuan siswa untuk mengingat dan mengaplikasikan konsep yang telah dipelajari sebelumnya.¹⁸ Hal ini mendukung dugaan bahwa libur panjang antar siklus berkontribusi pada penurunan efektivitas Siklus 3, dimana peserta didik mungkin kehilangan sebagian pemahaman yang telah dibangun pada siklus sebelumnya.

Lebih lanjut, tantangan dalam pemahaman konsep vektor juga diduga terkait dengan kemampuan spasial peserta didik. Hal ini sejalan dengan penelitian dalam *Journal of Research in Mathematics Education* yang menginvestigasi peran kemampuan visualisasi ruang dalam pembelajaran matematika. Konsep vektor yang melibatkan representasi geometris memerlukan kemampuan spasial yang baik. Jika peserta didik memiliki kemampuan spasial yang kurang berkembang, mereka mungkin mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan dan memanipulasi vektor secara mental, yang pada akhirnya menghambat pemahaman konseptual mereka.¹⁹ Oleh karena itu, penurunan peningkatan pada Siklus 3 bisa juga disebabkan oleh kurangnya fokus pada pengembangan kemampuan spasial secara eksplisit selama implementasi PBL.

Terakhir, keterbatasan daya ingat jangka pendek (*working memory*) juga diyakini berkontribusi pada hasil Siklus 3. Teori beban kognitif menjelaskan bahwa memproses informasi yang kompleks, seperti dalam pemecahan masalah vektor, sangat bergantung pada kapasitas memori kerja yang terbatas. Jika siswa kesulitan mempertahankan dan memanipulasi informasi yang relevan secara simultan, pemahaman dan aplikasi konsep akan terhambat. Penelitian-penelitian terkini dalam psikologi kognitif dan pendidikan matematika terus menekankan pentingnya mempertimbangkan batasan memori kerja dalam desain instruksional. Dengan demikian, penurunan pada Siklus 3 bisa juga disebabkan oleh tuntutan kognitif tugas vektor yang melebihi kapasitas memori kerja sebagian peserta didik, terutama setelah jeda waktu yang mungkin melemahkan kembali ingatan jangka pendek mereka terhadap konsep-konsep dasar.

¹⁸ Keith B. Lyle et al., "How the Amount and Spacing of Retrieval Practice Affect the Short- and Long-Term Retention of Mathematics Knowledge," *Educational Psychology Review* 32, no. 1 (2020): 277–295.

¹⁹ Rezi Ariawan and Kinanti Januarita Putri, "Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Dengan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Disertai Pendekatan Visual Thinking Pada Pokok Bahasan Kubus Dan Balok Kelas VIII," *JURING (Journal for Research in Mathematics Learning)* 3, no. 3 (2020): 293.

Aspek Pemahaman Konsep Vektor yang Mengalami Peningkatan

Melalui observasi dan analisis transkrip wawancara, beberapa aspek pemahaman konsep vektor menunjukkan peningkatan yang menonjol setelah implementasi PBL:

- **Pemahaman Konseptual Dasar:** Siswa menunjukkan pemahaman yang lebih baik mengenai definisi vektor, perbedaan antara besaran skalar dan vektor, serta representasi vektor dalam berbagai bentuk (geometris dan aljabar). Mereka mampu menjelaskan konsep-konsep ini dengan kata-kata mereka sendiri dan mengaitkannya dengan konteks masalah yang diberikan.
- **Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah:** Kemampuan siswa dalam mengaplikasikan konsep vektor untuk memecahkan masalah-masalah kontekstual yang disajikan dalam skenario PBL mengalami peningkatan. Mereka menjadi lebih terampil dalam mengidentifikasi informasi yang relevan, merumuskan strategi pemecahan masalah, dan menggunakan operasi vektor (penjumlahan, pengurangan, perkalian skalar) untuk mencapai solusi.
- **Keterampilan Komunikasi Matematis:** Selama diskusi kelompok dan presentasi, siswa menunjukkan peningkatan dalam kemampuan mengkomunikasikan ide-ide matematika mereka terkait vektor secara lebih jelas dan terstruktur. Mereka mampu menjelaskan alasan di balik langkah-langkah pemecahan masalah dan memberikan argumentasi yang lebih logis.

Penurunan Pemahaman Konsep pada Aspek Menggambar Vektor

Meskipun sebagian besar siswa menunjukkan peningkatan hasil belajar secara keseluruhan, analisis lebih lanjut mengungkapkan adanya penurunan pemahaman konsep pada aspek spesifik, yaitu **menggambar vektor**. Berdasarkan observasi terhadap hasil kerja siswa dan wawancara, beberapa indikasi penurunan pemahaman pada aspek ini adalah:

- **Kesulitan Merepresentasikan Arah Vektor dengan Tepat:** Beberapa siswa masih kesulitan dalam menggambarkan arah vektor yang akurat, terutama ketika vektor tersebut melibatkan sudut atau berada dalam sistem koordinat yang kompleks. Kesalahan dalam menentukan arah vektor berdampak pada pemahaman mereka tentang resultan vektor.
- **Kurang Tepat dalam Menentukan Skala Vektor:** Ketidakakuratan dalam menentukan skala saat menggambar vektor juga ditemukan. Panjang vektor yang digambarkan tidak proporsional dengan besaran vektor yang sebenarnya, sehingga menyulitkan interpretasi visual dari operasi vektor.
- **Kesulitan Menggambar Resultan Vektor:** Siswa menunjukkan kebingungan dalam menerapkan metode grafis (seperti metode segitiga atau jajar genjang) untuk menentukan resultan dari dua atau lebih vektor. Gambar resultan yang mereka hasilkan seringkali tidak tepat arah maupun panjangnya.

Penurunan pemahaman pada aspek menggambar vektor ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor. Observasi menunjukkan bahwa fokus utama dalam kegiatan PBL

lebih ditekankan pada pemecahan masalah kontekstual dan diskusi, dengan penekanan yang relatif kurang pada latihan keterampilan visualisasi dan representasi grafis vektor secara eksplisit. Selain itu, kompleksitas beberapa skenario masalah mungkin mengalihkan perhatian siswa dari pentingnya representasi visual yang akurat. Temuan ini menggaris bawahi pentingnya mengintegrasikan kegiatan yang secara khusus melatih keterampilan visualisasi vektor dalam model PBL untuk memastikan pemahaman yang komprehensif.

SIMPULAN

Penelitian tindakan kelas (PTK) ini menginvestigasi pengaruh penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap peningkatan pemahaman konsep vektor siswa kelas XI, dilaksanakan dalam tiga siklus yang meliputi perencanaan, tindakan (implementasi PBL), observasi, dan refleksi. Pengumpulan data dilakukan melalui tes (*pre-test dan post-test*), angket respons siswa, observasi kelas, dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan rata-rata skor pemahaman konsep vektor siswa dari pre-test ke post-test di setiap siklus. Pada Siklus 1, rata-rata skor meningkat dari 34.50 menjadi 52.25, dengan peningkatan rata-rata sebesar 17.75 poin dan nilai N-Gain 0.27 (kategori rendah). Tingkat keberhasilan belajar siswa meningkat dari 10% menjadi 35%. Peningkatan yang lebih signifikan terjadi pada Siklus 2, dimana rata-rata skor meningkat dari 63.70 menjadi 81.50 (peningkatan 17.80 poin, N-Gain 0.49 - kategori sedang), dan tingkat keberhasilan belajar meningkat dari 45% menjadi 80%. Namun, terjadi penurunan efektivitas pada Siklus 3, dengan rata-rata skor pre-test 54.00 dan post-test 66.38 (peningkatan 12.38 poin, N-Gain 0.27 - kategori rendah), dan tingkat keberhasilan belajar meningkat dari 30% menjadi 55%. Penurunan ini diduga disebabkan oleh jeda waktu antar siklus, kemampuan spasial siswa yang beragam, dan keterbatasan daya ingat jangka pendek.

Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa model PBL efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dasar siswa (definisi, perbedaan skalar dan vektor, representasi vektor), aplikasi konsep dalam pemecahan masalah kontekstual, dan keterampilan komunikasi matematis. Akan tetapi, terdapat penurunan pemahaman pada aspek menggambar vektor, yang tercermin dari kesulitan siswa dalam merepresentasikan arah vektor, menentukan skala vektor, dan menggambar resultan vektor secara akurat. Secara keseluruhan, model PBL berpotensi meningkatkan pemahaman konsep vektor siswa, tetapi implementasinya perlu memperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas pembelajaran, seperti pengaturan waktu, pengembangan kemampuan spasial, dan strategi untuk mengatasi keterbatasan memori kerja siswa, serta memberikan penekanan khusus pada keterampilan visualisasi vektor.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan, Rezi, and Kinanti Januarita Putri. "Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Dengan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Disertai Pendekatan Visual Thinking Pada Pokok Bahasan Kubus Dan Balok Kelas VIII." *JURING (Journal for Research in Mathematics Learning)* 3, no. 3 (2020): 293.
- Castro, Elvira Alicia Mendoza. "Analysis of Problem Solving Ability of First Middle School Students in Learning Science." *Integrated Science Education Journal* 4, no. 2 (2023):

43–53.

Delafosse, Loris. "A New Approach to Screw Theory Using Geometric Algebra Loris Delafosse To Cite This Version : HAL Id : Hal-04177875" (2023): 0–36.

Fathurrohman. "Model-Model Pembelajaran Yang Disampaikan Dalam Acara Pelatihan Guru Post Traumatik PKO Muhammadiyah Dosen PPSD FIP UNY." *Model-Model Pembelajaran* (2015): 1–6.

Fauzi, Achmad. "Implementasi Kurikulum Merdeka Di Sekolah Penggerak." *Pahlawan: Jurnal Pendidikan-Sosial-Budaya* 18, no. 2 (2022): 18–22.

Flammer, Caroline, and Ioannis Ioannou. "Metodologi Penelitian Kualitatif Dan Kuantitatif." *Brigham Young University* 1, no. 69 (2015): 5–24.

Handoyo, Budi, Purwanto, Syahrul Ridha, and Geok Chin Ivy Tan. "Effect of The Spatial Based Learning Using Quantum Geographic Information System on Students' Critical Thinking Skills." *Journal of Social Studies Education Research* 15, no. 5 (2024): 328–379.

Horverak, May Olaug. "English Writing Instruction in Norwegian Upper Secondary Schools." *Acta Didactica Norge* 9, no. 1 (2015): 11.

Khairunnisa, Rika, and Ayu Faradillah. "The Effect of Augmented Reality-Assisted Problem-Based Learning on Mathematical Reasoning Ability." *Jurnal Pendidikan Progresif* 13, no. 2 (2023): 833–846.

Lampropoulos, Georgios, and Wilfried Admiraal. "The Impact of COVID-19 Pandemic on Primary, Secondary, and K-12 Education: A Systematic Review." *International Journal on Studies in Education* 5, no. 4 (2023): 348–440.

Lokollo, Lamberthus J, Mohammad Amin Lasaiba, Arman Man Arfa, and Djamila Lasaiba. "Mengembangkan Kemampuan Berpikir Spasial Melalui Pendidikan STEM Di Sekolah Dasar" (2023): 293–308.

Lyle, Keith B., Campbell R. Bego, Robin F. Hopkins, Jeffrey L. Hieb, and Patricia A.S. Ralston. "How the Amount and Spacing of Retrieval Practice Affect the Short- and Long-Term Retention of Mathematics Knowledge." *Educational Psychology Review* 32, no. 1 (2020): 277–295.

Magfiroh, Ni, Admaja Dwi Herlambang, and Prima Zulvarina. "Pembentukan Kemampuan Abstraksi Siswa Dalam Mata Pelajaran Pemrograman Web Melalui Penguatan Pengalaman Pemecahan Masalah" 9, no. 3 (2025): 1–10.

Martias, Lilih Deva. "Statistika Deskriptif Sebagai Kumpulan Informasi." *Fihris: Jurnal Ilmu Perpustakaan dan Informasi* 16, no. 1 (2021): 40.

Mawadah Putri Islamiati. "Studi Kasus Kemampuan Abstraksi Matematis Siswa Kelas XII

Pada Materi Dimensi Tiga." *Didactical Mathematics* 4, no. 1 (2022): 127–137.

Nugraheni, Kanthi, Heru Kuswanto, and Jumadi Jumadi. "Developmet of Android E-Book Forms of Energy to Improve Students' Critical Thinking and Mathematical Representation Skills." *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)* 12, no. 09 (2024): 3578–3588.

Perdana, Teguh Iman, and Hendry Sugara. "Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smk Negeri 1 Kedawung Dengan Menggunakan Model Problem Based Learning." *Literasi : Jurnal Bahasa dan Sastra Indonesia serta Pembelajarannya* 4, no. 2 (2020): 102.

Shafira, Azka Nisa, and Pratiwi Retnaningdyah. "Exploitation and Conservation: Human Attitude Towards Nature in Frank Herbert's Dune." *Pioneer: Journal of Language and Literature* 14, no. 1 (2022): 235.

Wijaya, Tommy Tanu, Ying Zhou, Tony Houghton, Robert Weinhandl, Zsolt Lavicza, and Farrah Dina Yusop. "Factors Affecting the Use of Digital Mathematics Textbooks in Indonesia." *Mathematics* 10, no. 11 (2022): 1–18.