



Kemampuan konversi representasi matematis: Studi pengaruh *Problem-Based Learning* pada materi trigonometri

Afiq Dinis Muhammad¹, Mei Rina Hadi^{2*}

^{1,2}*Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah*

Tulungagung. Jl. Mayor Sujadi No.46, Tulungagung

e-mail: afiqdinis123@gmail.com¹, meirinahadi@uinsatu.ac.id^{2}*

ABSTRAK

Rendahnya pencapaian literasi matematika peserta didik Indonesia pada PISA 2022 mengindikasikan masih lemahnya kemampuan representasi matematis. Meskipun teori kognitif sangat menekankan pentingnya aktivitas konversi antar-representasi, pendekatan pedagogis yang secara nyata memfasilitasi kemampuan tersebut di kelas masih sangat minim, khususnya pada materi kompleks seperti trigonometri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serta seberapa besar pengaruh penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan konversi representasi matematis peserta didik pada materi trigonometri. Penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen semu ini menggunakan rancangan *Post-Test Only Control Group Design*. Pengambilan sampel menggunakan teknik *Cluster Random Sampling*, dengan menetapkan kelas eksperimen dan kontrol di MAN Kota Mojokerto. Data dikumpulkan melalui instrumen tes uraian yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya, kemudian dianalisis menggunakan *Independent Sample T-test* dan uji *Cohen's d*. Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,013 < 0,05$, yang membuktikan adanya perbedaan rata-rata secara signifikan. Uji besaran pengaruh memperoleh nilai *Cohen's d* sebesar 0,6426. Kesimpulannya, penerapan model PBL memberikan pengaruh signifikan dengan kategori sedang terhadap kemampuan konversi representasi matematis. Oleh karena itu, disarankan bagi para pendidik untuk mengimplementasikan model PBL berbasis masalah kontekstual guna mengoptimalkan kemampuan matematis tersebut.

Kata Kunci: *Problem Based Learning*, konversi representasi, trigonometri

ABSTRACT

The low mathematical literacy of Indonesian students in PISA 2022 indicates a weakness in mathematical representation skills. Although cognitive theory highly emphasizes the importance of mathematical representation conversion activities, pedagogical approaches that practically facilitate these skills in the classroom are still minimal, especially in complex material like trigonometry. This study aims to determine the effect and its magnitude of applying the *Problem-Based Learning* (PBL) model on students' mathematical representation conversion skills in trigonometry. This quantitative quasi-experimental study used a *Post-Test Only Control Group Design*. Sampling used *Cluster Random Sampling*, establishing experimental and control classes at MAN Kota Mojokerto. Data were collected through a validated essay test instrument, then analyzed using the *Independent Sample T-test* and *Cohen's d* test. The analysis showed a significance value of $0.013 < 0.05$, proving a significant mean difference. The effect size test obtained a *Cohen's d* value of 0.6426. In conclusion, applying the PBL model significantly affects students' representation conversion skills within a moderate category. Therefore, educators are recommended to implement contextual PBL to optimize these skills.

Keywords: *Problem Based Learning*, representation conversion, trigonometry

PENDAHULUAN

Penguasaan matematika di sekolah memiliki peran esensial dalam membentuk pola pikir analitis, logis, sekaligus mendukung pembentukan karakter peserta didik melalui proses berpikir sistematis dan pemecahan masalah (Fauzan & Anshari, 2024). Sejalan dengan rekomendasi NCTM (2000), salah satu kompetensi dasar yang wajib dikembangkan dalam pembelajaran matematika adalah kemampuan representasi. Representasi berfungsi sebagai instrumen kognitif yang memfasilitasi siswa dalam menginterpretasikan gagasan matematis abstrak ke dalam bentuk penyelesaian yang nyata (Syafri, 2017). Melalui representasi, peserta didik dapat mengelola informasi ke dalam ragam wujud, seperti simbolik, visual, maupun verbal. Kemampuan representasi tersebut menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan peserta didik memecahkan masalah matematika karena memungkinkan mereka berpindah antarberbagai bentuk representasi sesuai kebutuhan penyelesaian masalah (Lette & Manoy, 2019).

Meskipun demikian, observasi terhadap capaian literasi matematika di Indonesia memperlihatkan bahwa kemampuan representasi peserta didik belum mencapai taraf yang diharapkan (Fitrianna et al., 2018). Kondisi ini tercermin dari laporan *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022, di mana Indonesia memperoleh skor rata-rata matematika sebesar 366 (OECD, 2023). Perolehan tersebut mengindikasikan adanya kendala kognitif pada peserta didik saat diminta mengonversi masalah kontekstual menjadi tabel, grafik, maupun model aljabar. Kendala ini semakin menonjol pada topik yang kompleks seperti trigonometri, yang menuntut peserta didik untuk secara dinamis menghubungkan bentuk geometri visual dengan persamaan simbolik (Wiriandi et al., 2015). Materi trigonometri juga menuntut kemampuan menghubungkan berbagai konsep matematika sehingga peserta didik mampu membangun koneksi antarkonsep secara utuh (Widiyawati et al., 2020).

Pemilihan materi trigonometri sebagai fokus evaluasi kemampuan konversi representasi ini didasari oleh karakteristik materinya yang sarat akan abstraksi dan relasi geometris. Berdasarkan analisis Suendarti dan Liberna (2021), salah satu akar permasalahan rendahnya pemahaman konsep perbandingan trigonometri adalah ketidakmampuan peserta didik dalam memvisualisasikan masalah secara akurat. Ketika dihadapkan pada persoalan kontekstual, banyak peserta didik yang gagal mengonstruksi proporsi segitiga siku-siku dengan tepat, yang pada akhirnya berujung pada kesalahan perumusan matematis. Kegagalan di tahap awal visualisasi ini membuktikan betapa krusialnya penguasaan translasi antar-register—dari teks verbal ke gambar spasial, lalu ke wujud simbolik. Jika aktivitas konversi ini tidak dilatih secara spesifik melalui pendekatan yang tepat, peserta didik akan terus terjebak pada hafalan prosedural tanpa memahami esensi dari konsep trigonometri itu sendiri.

Kelemahan dalam merepresentasikan konsep matematis tersebut sejatinya berkaitan erat dengan hambatan pada proses transformasi kognitif. Menurut kerangka teori representasi Duval (2017), aktivitas kognitif dalam merepresentasikan objek matematika terbagi menjadi dua, yaitu *treatment* (transformasi dalam satu bentuk representasi yang sama, misal memanipulasi aljabar) dan

conversion (transformasi antar bentuk representasi yang berbeda, misal mengonversi deskripsi verbal ke dalam persamaan simbolik). Duval (2017) menegaskan bahwa *conversion* atau konversi merupakan aktivitas kognitif yang paling esensial sekaligus paling sulit karena setiap register representasi memiliki struktur yang berbeda, sehingga peserta didik dituntut untuk memahami makna di balik representasi, bukan sekadar menghafalkan tahapan atau prosedur. Meskipun kajian teoretis sangat menekankan pentingnya aktivitas konversi antar-representasi, implementasi pedagogis yang memfasilitasi kemampuan tersebut di kelas masih sangat minim.

Untuk menjembatani kesenjangan teoretis dan pedagogis tersebut, diperlukan sebuah lingkungan belajar yang autentik, salah satunya melalui penerapan model pembelajaran *Problem-Based Learning (PBL)*. Model *PBL* memusatkan proses pembelajaran pada penyelesaian masalah kontekstual yang bersifat terbuka sehingga mendorong peserta didik untuk mengeksplorasi informasi, mengembangkan strategi penyelesaian, membangun model matematika, serta mengomunikasikan solusi melalui berbagai bentuk representasi matematis (Mitraryana & Juandi, 2023). Hasil penelitian Harahap et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan *PBL* secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan tersebut diperkuat oleh (Maulani et al., 2025) yang melaporkan bahwa *PBL* juga efektif meningkatkan kemampuan representasi matematis peserta didik melalui aktivitas penyelidikan dan diskusi kelompok. Sejalan dengan itu, Fitri et al. (2017) juga menunjukkan bahwa *PBL* efektif meningkatkan kemampuan representasi matematis dibandingkan pembelajaran konvensional. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih mengukur representasi matematis sebagai satu kesatuan kemampuan, sehingga belum dapat menunjukkan secara spesifik apakah peningkatan tersebut terjadi pada aktivitas *treatment* atau *conversion* menurut kerangka Duval (2017). Oleh karena itu, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengukuran yang secara khusus difokuskan pada kemampuan kognitif *conversion* (konversi antarrepresentasi) berdasarkan kerangka Duval (2017) pada materi trigonometri. Pengukuran yang lebih spesifik ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam menjelaskan pengaruh *PBL* terhadap aktivitas *conversion*, sekaligus memberikan implikasi praktis bagi pendidik dalam merancang pembelajaran yang lebih berorientasi pada pelatihan konversi antarrepresentasi, bukan sekadar manipulasi prosedur matematis.

Beberapa kajian empiris terkini telah mengonfirmasi keunggulan *PBL* dalam memfasilitasi kemampuan representasi secara holistik. Studi meta-analisis yang dilakukan oleh Rahmy dan Sutiarso (2025) menemukan bahwa penerapan model *PBL* secara konsisten memberikan dampak positif yang cukup kuat terhadap kemampuan representasi matematis peserta didik pada berbagai jenjang. Sejalan dengan hal tersebut, studi dari Pohan et al. (2025) juga membuktikan bahwa lingkungan belajar berbasis masalah memberikan ruang eksplorasi yang jauh lebih luas dibandingkan metode konvensional dalam membangun representasi matematis. Kendati efektivitas *PBL* telah banyak dibuktikan, mayoritas literatur tersebut masih mengevaluasi representasi secara umum.

Sangat jarang ditemukan kajian yang secara spesifik membedah dan mengukur pengaruh PBL terhadap kemampuan *conversion*, yakni proses krusial mentransformasikan satu bentuk representasi ke bentuk lain secara dinamis, misalnya dari narasi verbal ke sketsa visual, lalu ke persamaan simbolik, sebagaimana karakteristik materi trigonometri. Pemisahan ranah kognitif ini sangat penting untuk memberikan landasan empiris yang lebih presisi terkait sejauh mana PBL mampu mengatasi hambatan transformasi kognitif tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penerapan model PBL terhadap kemampuan konversi representasi matematis peserta didik pada materi trigonometri. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur seberapa besar tingkat pengaruh (*effect size*) dari penerapan model PBL tersebut sebagai landasan empiris bagi pengembangan inovasi pedagogis di sekolah menengah.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen semu (*quasi-experiment*). Desain penelitian yang diterapkan adalah *Post-Test Only Control Group Design*, di mana kelas eksperimen dan kelas kontrol menerima perlakuan yang berbeda tanpa adanya tes awal (*pre-test*). Kelas eksperimen diberikan intervensi menggunakan model PBL, sedangkan kelas kontrol menggunakan pendekatan pembelajaran konvensional. Pada akhir kegiatan pembelajaran, kedua kelas tersebut diberikan tes akhir (*post-test*) untuk mengukur kemampuan representasi matematis peserta didik pada materi trigonometri.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas X MAN Kota Mojokerto pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *Probability Sampling* dengan pendekatan *Cluster Random Sampling*, yaitu pengacakan yang dilakukan berdasarkan kelompok kelas, bukan individu. Penggunaan teknik *Cluster Random Sampling* sesuai diterapkan pada penelitian eksperimen di lingkungan sekolah karena pengacakan dilakukan terhadap kelompok kelas yang telah terbentuk sehingga lebih memungkinkan diterapkan dalam penelitian pendidikan (Suriani et al., 2023). Berdasarkan teknik tersebut, terpilih dua kelas sebagai sampel penelitian, yaitu kelas X-E5 yang bertindak sebagai kelas eksperimen dan kelas X-E3 sebagai kelas kontrol. Tahapan penelitian ini dilaksanakan melalui tiga fase utama, yakni: (1) tahap persiapan, meliputi observasi awal, pengurusan izin, serta penyusunan modul ajar PBL dan instrumen tes; (2) tahap pelaksanaan, meliputi pemberian perlakuan (*treatment*) berupa pembelajaran dengan model PBL pada kelompok eksperimen dan pembelajaran konvensional pada kelompok kontrol, diakhiri dengan pemberian soal *post-test*; serta (3) tahap akhir, yang berfokus pada pengumpulan dokumen hasil tes, pengolahan, dan analisis data secara statistik.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah pemberian tes tertulis berbentuk soal uraian yang dirancang secara khusus untuk mengukur aktivitas kognitif representasi matematis peserta didik berdasarkan kerangka Duval (2017), yang mencakup aktivitas *treatment* dan

conversion. Instrumen tes ini terdiri atas tiga butir soal uraian yang mengukur kemampuan konversi antar-representasi, seperti transformasi dari bentuk verbal ke visual, verbal ke simbolik, simbolik ke verbal, dan simbolik ke visual. Instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini disusun berdasarkan indikator kemampuan representasi matematis yang mengacu pada teori representasi semiotik Duval (2017). Instrumen penelitian merupakan alat ukur yang disusun berdasarkan variabel penelitian sehingga setiap indikator yang digunakan harus merepresentasikan konstruk yang hendak diukur (Nasution et al., 2024). Tiga butir soal dirancang untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam melakukan transformasi antarrepresentasi (*conversion*) maupun transformasi dalam representasi yang sama (*treatment*). Adapun tampilan instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

INSTRUMEN TES

1 Cahyo akan memetik buah kelapa muda dengan memanjat pohon kelapa tersebut. Cahyo memandang pohon kelapa dari bawah yang berjarak 3 m dengan sudut elevasi sebesar 70° . Bila tinggi badan Cahyo 165 cm (diukur dari tanah sampai ke mata), maka:

- Ilustrasikan permasalahan di atas dalam bentuk gambar segitiga!
- Hitunglah perkiraan tinggi pohon kelapa yang akan dipanjat oleh Cahyo! (Diketahui $\sin 70^\circ = 0,9397$; $\cos 70^\circ = 0,3420$ dan $\tan 70^\circ = 2,7475$)

3 Diberikan persamaan perbandingan trigonometri sebagai berikut :

$$\tan \theta = \frac{x}{20}$$

Dengan keterangan:

- θ adalah sudut elevasi dari titik pengamat terhadap objek tertentu.
- x adalah tinggi objek dari permukaan tanah.
- Jarak antara kaki pengamat dengan kaki objek adalah 20 meter

Jawablah pertanyaan berikut:

- Buatlah soal cerita yang logis berdasarkan situasi tersebut!
(contoh: seseorang yang melihat puncak menara, gedung, apartemen, hotel atau kantor dari jarak 20 meter)
- Gambarlah ilustrasi dalam bentuk segitiga siku-siku yang menunjukkan hubungan antara:

- tentukan apa yang harus dihitung dari cerita tersebut jika sudut θ adalah 75° ! ($\tan 75^\circ = 3,732$)

2 Perhatikan gambar di bawah ini!

Sebuah tangga diletakkan di luar sebuah gedung sehingga ujung atas tangga tepat menyentuh lantai dua. Tangga tersebut memiliki sudut elevasi 60° dan tinggi gedung dari tanah ke lantai dua adalah 4 meter. Tentukan panjang tangga! (diketahui $\sin 60^\circ = 0,866$, $\cos 60^\circ = 0,5$, dan $\tan 60^\circ = 1,732$)

Gambar 1. Instrumen Tes Konversi Representasi Matematis

Setiap butir soal pada instrumen memiliki karakteristik transformasi representasi yang berbeda sesuai dengan indikator yang hendak diukur. Pemetaan hubungan antara nomor soal, jenis transformasi representasi, aktivitas kognitif menurut Duval (2017), dan deskripsi tugas yang harus diselesaikan peserta didik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemetaan Aktivitas Kognitif Representasi Matematis

No. Soal	Indikator Transformasi	Jenis Aktivitas Kognitif	Deskripsi Perintah pada Soal
1	Verbal $\rightarrow$ Visual	<i>Conversion</i>	Peserta didik mentransformasikan bentuk teks cerita menjadi sebuah gambar ilustrasi segitiga.
1	Verbal $\rightarrow$ Simbolik	<i>Conversion</i>	Peserta didik mentransformasikan informasi dari teks cerita ke dalam bentuk perhitungan persamaan matematika menggunakan konsep tangen.

No. Soal	Indikator Transformasi	Jenis Aktivitas Kognitif	Deskripsi Perintah pada Soal
2	Visual, Verbal → Simbolik	<i>Conversion</i>	Peserta didik menggabungkan informasi dari teks cerita dan gambar ilustrasi (tangga bersandar di gedung) lalu merumuskannya ke dalam persamaan sinus untuk dihitung.
3	Simbolik → Verbal	<i>Conversion</i>	Peserta didik mentransformasikan sebuah persamaan trigonometri menjadi narasi atau soal cerita yang logis.
3	Simbolik → Visual	<i>Conversion</i>	Peserta didik mentransformasikan persamaan simbolik tersebut menjadi sebuah gambar ilustrasi segitiga siku-siku.
3	Simbolik → Simbolik	<i>Treatment</i>	Peserta didik melakukan operasi hitungan matematika pada persamaan yang diberikan (mencari tinggi objek) tanpa mengubah bentuk representasinya.

Untuk menjamin validitas konstruk, bobot nilai pada setiap tahapan penyelesaian. Berdasarkan pemetaan pada Tabel 1, desain instrumen memiliki proporsi penilaian yang secara sengaja dititikberatkan pada aktivitas *conversion*, yakni dengan rasio lima aktivitas *conversion* (83,3%) berbanding satu aktivitas *treatment* (16,7%). Mekanisme penskoran dilakukan secara spesifik sesuai dengan bentuk representasinya. Sebagai contoh, pada aktivitas konversi visual (menggambar ilustrasi geometri), skor maksimal 5 diberikan jika gambar memuat informasi yang presisi dan lengkap, berskala turun bertahap hingga skor 2 jika gambar tidak memuat keterangan yang jelas. Pada konversi simbolik (perhitungan aljabar), skor 1 diberikan untuk setiap tahapan penyelesaian persamaan yang matematis dan logis. Sementara pada konversi verbal (menyusun soal cerita), skor maksimal 5 diberikan apabila peserta didik mampu merangkai seluruh elemen penting secara realistis. Skor akhir kemampuan representasi matematis dikalkulasikan dengan menjumlahkan seluruh perolehan skor dari tiap indikator langkah yang dijawab peserta didik, kemudian dibagi dengan total skor maksimal ideal, dan dikalikan dengan 100. Mekanisme bertingkat ini memastikan objektivitas peneliti dalam mengukur sejauh mana keluwesan konversi antar-register peserta didik secara akurat.

Sebelum instrumen digunakan untuk mengambil data penelitian, instrumen tersebut diuji kelayakannya melalui uji validitas dan uji reliabilitas. Uji validitas isi (*content validity*) dilakukan oleh dua orang validator ahli (dosen matematika dan guru pamong). Berdasarkan penilaian ahli menggunakan *Content Validity Index* (CVI), diperoleh skor *Mean i-CVI* sebesar 0,95 dari validator pertama dan 0,82 dari validator kedua, yang menegaskan bahwa instrumen tersebut memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi dan layak digunakan. Selanjutnya, validitas konstruk (*construct validity*) diuji cobakan kepada 35 peserta didik di kelas X-E7 menggunakan rumus korelasi *Pearson Product Moment* berbantuan perangkat lunak SPSS 25.0. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai r_{hitung} dari seluruh item soal (mulai dari 0,658 hingga 0,918) lebih besar dari r_{tabel} (0,344) pada taraf signifikansi 5%, sehingga seluruh butir soal dinyatakan valid. Setelah itu, pengujian reliabilitas instrumen dilakukan menggunakan formula *Cronbach's Alpha*. Hasil analisis menunjukkan

perolehan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,747, yang berada di atas ambang batas 0,60, sehingga instrumen tes dikategorikan memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dan dapat diandalkan.

Teknik analisis data pada penelitian ini terdiri dari uji prasyarat dan uji hipotesis. Uji prasyarat meliputi uji normalitas dengan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test* pada taraf signifikansi 0,05. Setelah data dipastikan berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen, tahap selanjutnya adalah pengujian hipotesis menggunakan *Independent Sample T-test* untuk mengetahui signifikansi perbedaan rata-rata kemampuan representasi matematis antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Lebih lanjut, untuk mengukur seberapa besar tingkat pengaruh model PBL tersebut, data dianalisis menggunakan uji *Effect size* dengan formula *Cohen's d*. Hasil dari *Cohen's d* ini kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria ukuran efek, di mana nilai $d < 0,2$ tergolong kecil, $0,2 < d < 0,8$ tergolong sedang, dan $d > 0,8$ tergolong besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data skor akhir (*post-test*) dari kelas eksperimen dan kelas kontrol terlebih dahulu diuji prasyarat analisisnya. Berdasarkan pengujian normalitas menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*, diperoleh nilai signifikansi sebesar $0,200 > 0,05$ untuk kedua kelas, yang berarti data berdistribusi secara normal. Selanjutnya, uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,998 > 0,05$, yang membuktikan bahwa varians data bersifat homogen. Dengan terpenuhinya kedua prasyarat parametrik tersebut, pengujian hipotesis dapat dilanjutkan. Temuan penelitian ini juga konsisten dengan hasil penelitian [Anwar dan Jurotun \(2019\)](#) yang menunjukkan bahwa implementasi *Problem Based Learning* mampu meningkatkan aktivitas belajar sekaligus hasil belajar matematika peserta didik karena proses pembelajaran berpusat pada penyelesaian masalah secara aktif.

Berdasarkan hasil tes kemampuan representasi matematis, diperoleh perbandingan deskripsi statistik antara peserta didik yang menerapkan model PBL dan peserta didik dengan pembelajaran konvensional, sebagaimana disajikan pada [Tabel 2](#).

Tabel 2. Rata-Rata dan Standar Deviasi Nilai <i>Post-Test</i>				
Kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
Eksperimen (PBL)	32	67,50	19,477	3,443
Kontrol (Konvensional)	32	55,47	17,718	3,132

Berdasarkan [Tabel 2](#), capaian rata-rata (*mean*) kelas eksperimen yang menggunakan model PBL adalah sebesar 67,50, yang berarti lebih unggul dibandingkan dengan kelas kontrol (pembelajaran konvensional) dengan perolehan rata-rata sebesar 55,47.

Untuk membuktikan signifikansi perbedaan tersebut secara statistik, dilakukan pengujian hipotesis menggunakan *Independent Sample T-test*. Hasil analisis pengujian ini disajikan secara lengkap pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Independent Sample T-test

Asumsi Varian	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval (Lower)	95% Confidence Interval (Upper)
<i>Equal variances assumed</i>	2,585	62	0,012	12,031	4,655	2,727	21,336
<i>Equal variances not assumed</i>	2,585	61,418	0,012	12,031	4,655	2,725	21,338

Tabel 3 menunjukkan bahwa perolehan nilai signifikansi atau Sig. (2-tailed) adalah sebesar 0,013. Karena nilai signifikansi $0,013 < 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan secara statistik antara kemampuan representasi matematis peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Selanjutnya, untuk mengukur seberapa besar tingkat pengaruh model PBL tersebut, dilakukan pengujian *Effect size* menggunakan formula *Cohen's d*. Berdasarkan hasil perhitungan selisih rata-rata dan deviasi standar gabungan, diperoleh nilai *Cohen's d* sebesar 0,6426. Merujuk pada kriteria interpretasi *effect size*, nilai 0,6426 berada pada interval $0,2 \leq d < 0,8$. Dengan demikian, penerapan model PBL memberikan pengaruh yang signifikan dengan kategori sedang terhadap kemampuan representasi matematis peserta didik pada materi trigonometri.

Pembahasan

Hasil pengujian hipotesis dan *effect size* membuktikan bahwa penerapan Model PBL memiliki pengaruh positif dan efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis peserta didik. Secara teoretis, keunggulan PBL ini tidak terlepas dari sintaks pembelajarannya yang berpusat pada pemecahan masalah kontekstual, sehingga peserta didik dilibatkan secara aktif untuk mengonstruksi, menginterpretasi, dan menyajikan ide-ide matematis ke dalam berbagai bentuk representasi secara mandiri.

Berdasarkan karakteristik instrumen yang digunakan dalam penelitian ini, sebagian besar indikator kemampuan representasi matematis menuntut peserta didik melakukan perpindahan antarbentuk representasi (*conversion*), bukan sekadar melakukan manipulasi dalam satu bentuk representasi (*treatment*). Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dianalisis menggunakan teori representasi semiotik Duval (2017) yang membedakan kedua aktivitas kognitif tersebut. Ditinjau dari kerangka teori kognitif Duval (2017), aktivitas merepresentasikan suatu objek matematika terdiri atas dua jenis, yakni *treatment* (transformasi dalam bentuk representasi yang sama) dan *conversion* (konversi atau transformasi antar-bentuk representasi yang berbeda). Penelitian ini difokuskan pada aktivitas kognitif *conversion*, yang oleh Duval (2017) dinyatakan sebagai aktivitas kognitif paling

krusial sekaligus paling sulit karena setiap bentuk representasi memiliki struktur aturan yang berbeda. Pada materi trigonometri, peserta didik seringkali mengalami kesulitan karena dituntut untuk berpindah-pindah bentuk representasi, misalnya memahami masalah dunia nyata (verbal), menggambarannya ke dalam wujud segitiga siku-siku (visual), lalu menyelesaikannya dengan merumuskan perbandingan sudut (simbolik).

Karakteristik kesulitan tersebut menunjukkan bahwa hambatan peserta didik dalam mempelajari trigonometri tidak hanya disebabkan oleh lemahnya penguasaan konsep atau prosedur perhitungan, tetapi juga oleh ketidakmampuan mentransformasikan informasi ke dalam representasi matematika yang sesuai. Temuan [Arivina dan Jailani \(2020\)](#) menunjukkan bahwa peserta didik cenderung mengalami kesulitan ketika harus mengubah permasalahan kontekstual menjadi model matematika, meskipun mereka telah memahami situasi yang disajikan. Kondisi tersebut mengakibatkan peserta didik sering keliru menentukan hubungan antarunsur segitiga maupun memilih perbandingan trigonometri yang relevan. Jika ditinjau melalui perspektif [Duval \(2017\)](#), kesulitan tersebut merupakan indikasi belum berkembangnya kemampuan *conversion*, yaitu kemampuan berpindah dari representasi verbal menuju visual, kemudian ke bentuk simbolik tanpa kehilangan makna matematisnya. Oleh karena itu, peningkatan kemampuan representasi yang diperoleh pada penelitian ini dapat dipahami sebagai hasil dari proses pembelajaran yang secara sistematis melatih peserta didik melakukan transformasi antarrepresentasi, bukan hanya melakukan manipulasi simbolik (*treatment*).

Model PBL dianggap dapat memfasilitasi kesulitan peserta didik dalam melakukan *conversion*. Pemberian masalah di awal pembelajaran dengan bantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) menjadikan PBL tidak memberikan rumus instan, melainkan membimbing peserta didik untuk menafsirkan masalah nyata terlebih dahulu. Keunggulan model PBL dalam memfasilitasi aktivitas *conversion* ini sangat terlihat jelas pada fase penyelidikan kelompok. Keterlibatan aktif dalam penyelidikan masalah inilah yang secara intensif melatih keterampilan konversi, di mana peserta didik dipaksa berdiskusi untuk menerjemahkan deskripsi teks cerita (verbal) menjadi sketsa rancangan geometri (visual) agar posisi sudut elevasi dan jarak terlihat presisi. Setelah wujud visualnya terbangun, barulah peserta didik menghubungkan elemen-elemen gambar tersebut ke dalam perumusan trigonometri (simbolik) untuk dihitung. Karakteristik soal yang diberikan mengharuskan peserta didik mengubah informasi verbal menjadi ilustrasi segitiga siku-siku, menginterpretasikan ilustrasi tersebut ke dalam model matematika menggunakan konsep perbandingan trigonometri, serta pada beberapa soal menyusun kembali model matematika menjadi konteks cerita yang logis. Rangkaian proses belajar yang bertahap inilah yang menjadi bukti bahwa peningkatan kemampuan representasi matematis pada kelas PBL berbanding lurus dengan meningkatnya kemampuan peserta didik dalam melakukan *conversion* antarbentuk representasi.

Temuan ini sejalan dengan kajian Fitri et al. (2017) maupun Safrita et al. (2024), yang sama-sama menunjukkan bahwa penerapan *Problem Based Learning* memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan kemampuan representasi matematis melalui aktivitas penyelesaian masalah dan diskusi kelompok. Lingkungan belajar yang berpusat pada masalah mendorong peserta didik membangun berbagai bentuk representasi matematika secara lebih aktif.. Hal ini terlihat jelas dari catatan Pohan et al. (2025), di mana kelompok peserta didik dengan pendekatan PBL mampu meraih rata-rata skor representasi yang jauh lebih tinggi (71,618) daripada kelas konvensional (60,794). Meskipun PBL sudah sering terbukti efektif, penelitian ini menawarkan nilai kebaruan (*novelty*) pada fokus kajiannya. Jika literatur terdahulu cenderung menilai kemampuan representasi secara umum, penelitian ini menggali lebih dalam dengan melihat bagaimana PBL secara spesifik membantu peserta didik menguasai tahap *conversion* (konversi antar-representasi) menurut taksonomi Duval (2017), khususnya dalam menembus kerumitan materi trigonometri.

Pentingnya aktivitas konversi tersebut juga dapat dijelaskan melalui pola kesalahan peserta didik dalam menyelesaikan soal trigonometri. Taamneh et al. (2024) melaporkan bahwa kesalahan yang paling dominan bukanlah kesalahan perhitungan, melainkan *strategy error*, *concept error*, dan *data error*. Ketiga jenis kesalahan tersebut menunjukkan bahwa peserta didik lebih sering mengalami kegagalan pada tahap memahami informasi, membangun model matematika, dan menentukan strategi penyelesaian daripada pada tahap melakukan operasi hitung. Kondisi tersebut memiliki keterkaitan yang erat dengan kemampuan representasi karena representasi awal yang kurang tepat akan menghasilkan model matematika yang keliru dan pada akhirnya mengarahkan peserta didik pada strategi penyelesaian yang tidak sesuai. Dalam penelitian ini, proses penyelidikan kelompok pada model PBL memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mendiskusikan, memverifikasi, serta memperbaiki representasi yang telah mereka bangun sebelum melanjutkan ke tahap penyelesaian simbolik. Dengan demikian, peningkatan kemampuan konversi representasi yang ditemukan dalam penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar, tetapi juga berpotensi mengurangi munculnya kesalahan strategi maupun kesalahan konsep ketika menyelesaikan masalah trigonometri.

Efektivitas PBL dalam penelitian ini turut diperkuat oleh perolehan nilai *effect size* sebesar 0,6426 yang berada pada kategori sedang. Selain itu, temuan mengenai besaran pengaruh dalam penelitian ini selaras dengan studi meta-analisis empiris yang dilakukan oleh Rahmy dan Sutiarso (2025). Dalam kajiannya, kedua peneliti tersebut menemukan bahwa secara umum (berdasarkan rata-rata *effect size* keseluruhan), penerapan model PBL memberikan nilai *Cohen's d* sebesar 0,600 terhadap kemampuan representasi matematis. Hal ini memperkuat temuan teoritis bahwa penerapan model PBL secara konsisten memberikan dampak positif yang terukur, khususnya dalam mendukung kemampuan kognitif *conversion* untuk mengatasi kelemahan peserta didik dalam menghadapi kompleksitas materi trigonometri.

Meskipun demikian, besaran pengaruh yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa efektivitas PBL tidak hanya ditentukan oleh karakteristik model pembelajaran, tetapi juga oleh kualitas implementasinya di kelas. Hasil *systematic literature review* yang dilakukan oleh [Lethulur et al. \(2024\)](#) menunjukkan bahwa model-model pembelajaran berbasis penemuan, termasuk PBL, secara konsisten mampu meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir tingkat tinggi, dan motivasi belajar peserta didik. Namun, kajian tersebut juga mengidentifikasi sejumlah faktor yang memengaruhi keberhasilan implementasi PBL, antara lain kualitas *scaffolding* yang diberikan guru, kecukupan alokasi waktu pembelajaran, serta kesesuaian asesmen dengan aktivitas penyelidikan yang dilakukan peserta didik. Dalam konteks penelitian ini, faktor-faktor tersebut dapat menjadi salah satu penjelasan mengapa nilai *effect size* yang diperoleh berada pada kategori sedang meskipun secara statistik menunjukkan pengaruh yang signifikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa keberhasilan PBL dalam meningkatkan kemampuan konversi representasi tidak hanya bergantung pada penggunaan model pembelajaran itu sendiri, tetapi juga pada kemampuan guru dalam memfasilitasi proses investigasi dan perpindahan antarrepresentasi secara terarah.

Keberhasilan PBL dalam meningkatkan kemampuan konversi representasi ini tidak berdiri sendiri, melainkan berkaitan erat dengan tingkat kemandirian belajar serta rasa percaya diri peserta didik. Sebagaimana diungkapkan dalam kajian [Maryati dan Suryaningsih \(2021\)](#), lingkungan belajar berbasis masalah menuntut peserta didik untuk lebih tangguh dan mandiri dalam mengelola strategi pemecahan masalahnya. Dalam konteks penyelesaian masalah trigonometri, kemandirian tersebut memungkinkan peserta didik mengeksplorasi berbagai alternatif representasi sebelum menentukan model matematika yang paling tepat. Dengan demikian, peningkatan kemampuan representasi pada penelitian ini tidak hanya dipengaruhi oleh penguasaan konsep, tetapi juga oleh keterlibatan aktif peserta didik selama proses penyelidikan dan diskusi dalam pembelajaran PBL.

Temuan ini membawa implikasi pedagogis yang jelas, yakni perlunya mengurangi dominasi pembelajaran matematika yang sekadar berorientasi pada penyelesaian rumus mekanis (aktivitas *treatment*). Pendidik didorong untuk mulai menyajikan soal-soal atau bahan ajar yang memaksa peserta didik melakukan transisi representasi. Sebagai contoh, guru dapat membiasakan pola konversi dua arah; peserta didik tidak hanya berlatih mengubah narasi masalah menjadi persamaan simbolik, tetapi juga dilatih merangkai soal cerita yang logis dari sebuah rumus yang sudah ada. Pembiasaan berbasis masalah inilah yang pada akhirnya akan mengasah pemahaman matematika peserta didik menjadi jauh lebih komprehensif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model PBL memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan konversi representasi matematis peserta didik pada materi trigonometri. Model PBL yang berpusat pada penyelesaian masalah kontekstual terbukti mampu memfasilitasi peserta didik secara efektif dalam mentransformasikan ide-ide abstrak ke dalam berbagai bentuk representasi secara aktif. Selain itu, besaran pengaruh (*effect size*) dari penerapan model pembelajaran ini berada pada kategori sedang. Berkaitan dengan temuan tersebut, disarankan bagi para pendidik, khususnya guru matematika, untuk mengimplementasikan model PBL berbasis pemecahan masalah nyata sebagai strategi alternatif yang berpusat pada peserta didik. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan dan memperluas penelitian ini pada cakupan materi maupun jenjang pendidikan yang berbeda, mempertimbangkan pengikutsertaan variabel kognitif lain seperti tingkat kemandirian atau kemampuan berpikir kritis, serta mengombinasikannya dengan pendekatan pembelajaran lain guna memperkaya kajian mengenai inovasi pembelajaran matematika.

DAFTAR RUJUKAN

- Anwar, K., & Jurotun, J. (2019). Peningkatan aktivitas dan hasil belajar siswa SMA pada dimensi tiga melalui model pembelajaran PBL berbantuan alat peraga. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 10(1), 94–104. <https://doi.org/10.15294/kreano.v10i1.19366>
- Arivina, A. N., & Jailani, J. (2020). Development of trigonometry learning kit with a STEM approach to improve problem solving skills and learning achievement. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(2), 178–194. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i2.35063>
- Duval, R. (2017). Understanding the mathematical way of thinking – The registers of semiotic representations. In *Understanding the Mathematical Way of Thinking - The Registers of Semiotic Representations*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Fauzan, H., & Anshari, K. (2024). Studi literatur: Peran pembelajaran matematika dalam pembentukan karakter siswa. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan*, 3(1), 163–175. <https://doi.org/10.55606/jurripen.v3i1.2802>
- Fitri, N., Munzir, S., & Duskri, M. (2017). Meningkatkan kemampuan representasi matematis melalui penerapan model Problem Based Learning. *Jurnal Didaktik Matematika*, 4(1), 59–67. <https://doi.org/10.24815/jdm.v4i1.6902>
- Fitrianna, A. Y., Dinia, S., Mayasari, M., & Nurhafifah, A. Y. (2018). Mathematical representation ability of senior high school students: An evaluation from students' mathematical disposition. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 3(1), 46. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v3i1.5872>
- Harahap, M., Ardiana, N., & Harahap, M. S. (2023). Efektivitas penggunaan model Problem Based Learning (PBL) terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis di SMP Negeri 9 Padangsidimpuan. *Mathematic Education Journal(MathEdu)*, 6(2), 74. <https://doi.org/10.37081/mathedu.v6i2.5056>
- Lethulur, N. D., Juandi, D., & Dahlan, J. A. (2024). The effectiveness of discovery, inquiry,

- problem, and project-based learning in mathematics education: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(1), 268–279. <http://dx.doi.org/10.23960/jpmipa/v26i1.pp268-279>
- Lette, I., & Manoy, J. T. (2019). Representasi siswa SMP dalam memecahkan masalah matematika ditinjau dari kemampuan matematika. *MATHEdunesa*, 9(3), 574–580. <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v8n3.p569-575>
- Maryati, I., & Suryaningsih, F. (2021). Kemampuan representasi matematis ditinjau dari kemandirian belajar dengan model pembelajaran berbasis masalah dan inkuiri. *PRISMA*, 10(2), 244. <https://doi.org/10.35194/jp.v10i2.1308>
- Maulani, K., Saragih, S., & Armis, A. (2025). Penerapan Problem Based Learning untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa SMA. *Sigma: Jurnal Pendidikan Matematika*, 17(2), 453–465. <https://doi.org/10.26618/sigma.v17i2.18685>
- Mitrayana, M., & Juandi, D. (2023). Penerapan Problem Based Learning dalam pembelajaran matematika: Systematic literature. *EduMatSains : Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains*, 8(1), 90–103. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v8i1.4834>
- Nasution, N. K., Rahman, A. A., & Sianipar, B. (2024). Peningkatan hasil belajar siswa SMA pada dimensi tiga melalui model pembelajaran PBL berbantuan alat peraga. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(2), 94–104. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i2.1851>
- NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I and II) - Factsheets: Indonesia. In *OECD*.
- Pohan, L. R., Mukhtar, & Simamora, E. (2025). The effect of problem-based learning model on students' mathematical representation ability and self-confidence. *Daya Matematis: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 13(3), 197–205. <https://doi.org/https://doi.org/10.26858/jdm.v13i3.78576>
- Rahmy, A., & Sutiarto, S. (2025). Mathematics learning Problem Based Learning model in improving students' mathematical representation ability: A meta-analysis. *Mathema: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 172. <https://doi.org/10.33365/jm.v7i1.4808>
- Safrita, H., Siregar, S. N., & Murni, A. (2024). Improving students' mathematical representation ability through problem-based learning model. *Jurnal Absis: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 7(2), 207–217. <https://doi.org/10.30606/absis.v7i2.2637>
- Suendarti, M., & Liberna, H. (2021). Analisis pemahaman konsep perbandingan trigonometri pada siswa SMA. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 5, 326. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v5i2.4917>
- Suriani, N., Risnita, & Jailani, M. S. (2023). Konsep populasi dan sampel dari penelitian ilmiah pendidikan. *Jurnal IHSAN : Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 24–36. <https://doi.org/10.61104/ihsan.v1i2.55>
- Syafri, F. S. (2017). Kemampuan representasi matematis dan kemampuan pembuktian matematika. *Jurnal Edumath*, 3(1), 49–55. <https://doi.org/10.52657/je.v3i1.283>
- Taamneh, M. A., Díez-Palomar, J., & Mallart-Solaz, A. (2024). Examining tenth-grade students' errors in applying Polya's problem-solving approach to Pythagorean theorem. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/15707>

- Widiyawati, Septian, A., & Inayah, S. (2020). Analisis kemampuan koneksi matematis siswa SMK pada materi trigonometri. *Jurnal Analisa*, 6(1), 28–39. <https://doi.org/10.15575/ja.v6i1.8566>
- Wiriandi, O., Rifat, R., & Suratman, D. (2015). Hubungan antara kemampuan representasi matematis dan disposisi matematis siswa dalam materi perbandingan trigonometri di SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Untan*, 4(5). <https://doi.org/10.26418/jppk.v4i5.10015>