

## Efektivitas Pembelajaran STEM dengan Pendekatan PjBL dalam Meningkatkan Pemahaman Relasional Matematis Siswa

Anang Riyanto Dwi Saputra\*, Alfira Mulya Astuti, Erpin Evendi

\*Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Mataram, Mataram, Indonesia

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pembelajaran STEM dengan pendekatan *Project Based Learning* (PjBL) dalam meningkatkan pemahaman relasional matematis siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Batukliang tahun pelajaran 2025/2026. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *quasi experiment* dan *pretest-posttest control group design*. Populasi penelitian adalah seluruh siswa VIII SMP Negeri 1 Batukliang yang berjumlah 206 siswa. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, sehingga diperoleh dua kelas, yaitu kelas VIII 3 dengan 28 siswa sebagai kelas kontrol dan kelas VIII 4 dengan jumlah 28 siswa sebagai kelas eksperimen. Data yang dianalisis berasal dari 56 siswa yang mengikuti seluruh rangkaian penelitian. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman relasional matematis berbentuk soal uraian yang diberikan pada tahap pretest dan posttest. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial melalui uji normalitas, uji homogenitas, uji *N-Gain*, uji *Independent Samples t-test*, serta analisis *effect size* Cohen's *d*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor *N-Gain* pemahaman relasional matematis siswa pada kelas eksperimen sebesar 0,49 dengan kategori sedang, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,28 dengan kategori rendah. Hasil uji *t* menunjukkan perbedaan peningkatan yang signifikan ( $\text{sig.} < 0,05$ ), didukung oleh nilai *effect size* yang berada pada kategori kuat. Dengan demikian, pembelajaran STEM dengan pendekatan PjBL terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman relasional matematis siswa.

**Kata Kunci:** Pembelajaran STEM; Project Based Learning; Pemahaman Relasional

### Abstract

This study aims to examine the effectiveness of STEM-based learning with a Project-Based Learning (PjBL) approach in improving the relational mathematical understanding of eighth-grade students at SMP Negeri 1 Batukliang in the 2025/2026 academic year. The study employed a quantitative quasi-experimental method using a pretest–posttest control group design. The population consisted of 206 eighth-grade students, from which two classes were selected through purposive sampling: class VIII3 (28 students) as the control group and class VIII4 (28 students) as the experimental group. Data were collected from 56 students who completed all stages of the study. The research instrument was an essay-based test measuring relational mathematical understanding, administered during the pretest and posttest. Data analysis included descriptive and inferential statistics, namely

---

Corresponding to the author: Anang Riyanto Dwi Saputra, Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Mataram. Jl. Gajah Mada 100 Jempong Baru, Mataram, Indonesia.  
Email; [masanangriyan20@gmail.com](mailto:masanangriyan20@gmail.com)

normality tests, homogeneity tests, N-Gain analysis, Independent Samples t-tests, and effect size analysis using Cohen's d. The results showed that the experimental group achieved a higher average N-Gain score (0.49, moderate category) than the control group (0.28, low category). The t-test results indicated a significant difference in improvement ( $p < 0.05$ ), supported by a strong effect size. These findings indicate that STEM-based learning with a PjBL approach is effective in enhancing students' relational mathematical understanding.

**Keyword:** *STEM education; Project Based Learning; relational understanding*

## Pendahuluan

Tantangan pendidikan abad ke-21 mengarah pada perlunya peserta didik dibekali kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, serta kompetensi yang mumpuni dalam memecahkan masalah, khususnya dalam pembelajaran matematika sebagai fondasi pengembangan literasi numerasi (Angio et al., 2025). Meskipun demikian, hasil belajar matematika peserta didik di Indonesia masih menunjukkan tantangan yang serius. Hasil survei OECD (2023) menunjukkan bahwa skor PISA matematika peserta didik Indonesia berada pada peringkat 69 dari 81 negara, yang mengindikasikan kurangnya pemahaman konseptual dan kemampuan penalaran matematis peserta didik.

Rendahnya capaian tersebut mencerminkan bahwa dalam praktik matematika di sekolah masih memperlihatkan kecenderungan penggunaan pendekatan konvensional yang berorientasi pada hafalan rumus dan prosedur. Pendekatan ini belum mampu mengembangkan pemahaman matematika yang bermakna dan mendalam. Matematika pada dasarnya merupakan disiplin ilmu yang menuntut pemahaman relasional agar peserta didik mampu menghubungkan konsep, bukan hanya memahami prosedur (Nurhangesti, 2024). Skemp (1976) membagi pemahaman matematika ke dalam dua kategori, yakni pemahaman instrumental dan relasional, yang mana pemahaman relasional berperan dalam meningkatkan fleksibilitas peserta didik dalam menerapkan konsep matematika pada situasi yang berbeda. Penelitian lain mengemukakan bahwa pemahaman relasional mencakup kemampuan peserta didik dalam mengaplikasikan pengetahuan dan kompetensi yang dimiliki, menggunakan berbagai bentuk penalaran terhadap gagasan baru, berpikir secara fleksibel saat menghadapi permasalahan yang beragam, serta mengidentifikasi keterkaitan antar topik yang berbeda (Patkin & Plaksin, 2019). Lebih lanjut, pemahaman relasional menegaskan bahwa pengetahuan baru tidak dipelajari secara terpisah, melainkan dihubungkan dengan pengetahuan sebelumnya sehingga membentuk jaringan ide yang semakin luas (Van de Walle et al., 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peserta didik dengan pemahaman relasional memiliki kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik dibandingkan peserta didik yang hanya mengandalkan pemahaman prosedural (Rizki, 2022).

Fenomena rendahnya pemahaman relasional matematis peserta didik juga didasarkan pada temuan empiris, yakni banyaknya peserta didik mampu memperoleh jawaban yang benar, tetapi tidak dapat menjelaskan makna maupun alasan dari langkah penyelesaiannya

(Ariawan et al., 2024). Dalam penelitian lain juga menunjukkan bahwa banyak peserta didik hanya menghafal rumus peluang tanpa memahami hubungan logis di balik konsep tersebut (Rahmi et al., 2021). Kondisi ini menunjukkan lemahnya kemampuan peserta didik dalam membangun keterkaitan antar konsep matematika yang telah dipahami. Rendahnya pemahaman relasional tidak hanya berdampak pada hasil belajar jangka pendek, tetapi juga menjadi hambatan pada pembelajaran matematika tingkat lanjut. Oleh karenanya, inovasi pembelajaran sangat dibutuhkan, terlebih inovasi yang mampu mengintegrasikan konteks dunia nyata, meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik, serta memfasilitasi terbentuknya keterkaitan antarkonsep secara sistematis dan terstruktur.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan STEM sebagai integrasi antara sains, teknologi, rekayasa, serta matematika dipandang sebagai solusi pembelajaran yang relevan karena mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif. Pendidikan STEM dipahami sebagai pendekatan interdisipliner yang menyatukan inkuiri sains, literasi teknologi, rekayasa teknik, serta pemikiran matematis dalam pembelajaran (sanders, 2009; English, 2016). Dalam Urpani dan Kristayulita menemukan bahwa Model STEM efektif dalam mendongkrak pemahaman konsep matematika peserta didik (Urpani & Kristayulita, 2024). UNESCO (2017) menegaskan bahwa literasi STEM merupakan kebutuhan esensial bagi generasi muda agar mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi dan tuntutan dunia kerja. Dalam konteks pembelajaran matematika, Literasi STEM membantu peserta didik mengaitkan konsep-konsep matematika dengan permasalahan nyata sehingga membantu memperjelas hubungan antarkonsep dan mendukung terbentuknya pemahaman relasional. Pendekatan ini sejalan dengan *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya *Goals 4* yang berfokus pada pendidikan berkualitas serta *Goals 9* yang menekankan inovasi dan pembangunan infrastruktur. Dalam konteks pendidikan matematika, integrasi STEM memungkinkan peserta didik melihat hubungan antarkonsep secara lebih jelas karena mereka diminta menerapkan konsep matematika dalam proyek-proyek yang menggunakan teknologi ataupun prinsip rekayasa. Dalam pembelajaran STEM, peserta didik berperan aktif karena terlibat langsung pada tahap pengumpulan data, analisis, dan pengembangan Solusi (Yulaikah et al., 2022).

Agar implementasi pembelajaran STEM berjalan lebih optimal, diperlukan model pembelajaran yang selaras dengan karakteristiknya, salah satunya adalah *Project Based Learning (PjBL)*. Model PjBL dipilih karena efektif dalam melibatkan peserta didik secara aktif melalui proyek berbasis konteks kehidupan nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. (Noer, 2025). Ralph juga menyatakan model PjBL-STEM merupakan pembelajaran kolaboratif yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam kerja kelompok serta pertukaran informasi, sehingga dapat memperluas wawasan dan cara berpikir peserta didik. (Ralph, 2016). Sehingga integrasi pendekatan STEM dengan model PjBL berpotensi kuat dalam mengembangkan pemahaman relasional matematis karena peserta didik tidak hanya menggunakan konsep matematika untuk menyelesaikan proyek, tetapi juga dituntut memahami hubungan antar konsep dan alasan penggunaan prosedur pada setiap tahap kegiatan. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Supianti dkk. yang

menyatakan integrasi unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dalam kegiatan proyek kontekstual memungkinkan peserta didik mengaitkan konsep matematika dengan permasalahan nyata, sehingga pemahaman konsep menjadi lebih bermakna dan aplikatif (Supianti et al., 2025).

Peneliti juga melakukan pemetaan literatur menggunakan perangkat lunak *VOS viewer* dan *Publish or Perish* menunjukkan bahwa penelitian terkait STEM, PjBL, dan pemahaman relasional matematis masih cenderung dilakukan secara terpisah. Meskipun banyak penelitian membuktikan efektivitas STEM atau PjBL dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kreativitas, penelitian yang secara khusus menguji Pengaruh pembelajaran STEM berbasis PjBL terhadap pemahaman relasional matematis peserta didik masih terbatas. Kesenjangan penelitian ini menunjukkan perlunya kajian lebih lanjut melalui penelitian kuantitatif untuk memperoleh bukti empiris yang lebih kuat.

Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pembelajaran STEM berbasis PjBL dalam meningkatkan pemahaman relasional matematis peserta didik. Temuan penelitian ini diharapkan berkontribusi secara teoretis dalam pengembangan pendidikan matematika., khususnya terkait pemahaman relasional, serta menjadi dasar empiris bagi guru dan sekolah dalam mengembangkan desain pembelajaran matematika yang inovatif dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21.

## Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-eksperimental. Populasi penelitian mencakup seluruh peserta didik kelas VIII SMP Negeri 1 Batukliang dan dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Sampel dipilih secara *purposive*, yaitu kelas VIII 4 sebagai kelompok eksperimen dan kelas VIII 3 sebagai kelompok kontrol, dengan pertimbangan kesetaraan kemampuan awal matematika, kurikulum dan materi pembelajaran yang sama, serta alokasi waktu pembelajaran yang setara. Kelas eksperimen menerapkan pembelajaran STEM berbasis *Project Based Learning* (PjBL), sedangkan pembelajaran konvensional diterapkan di kelas kontrol.

Instrumen penelitian berupa tes pemahaman relasional matematis. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran STEM berbasis *Project Based Learning* (PjBL), sedangkan variabel terikatnya yaitu pemahaman relasional matematis peserta didik. Penelitian ini menggunakan desain *pretest–posttest with control group*, di mana kelas eksperimen memperoleh perlakuan dan kelas kontrol berfungsi sebagai pembanding, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian *pretest and posttest with a Control Group Design*

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	$A_1$	X	$A_2$
Kontrol	$A_3$	-	$A_4$

Keterangan:

- $A_{1,3}$  = Pelaksanaan *pretest*  
 $A_{2,4}$  = Pelaksanaan *posttest*  
 $X$  = Perlakuan model pembelajaran STEM dengan pendekatan PjBL

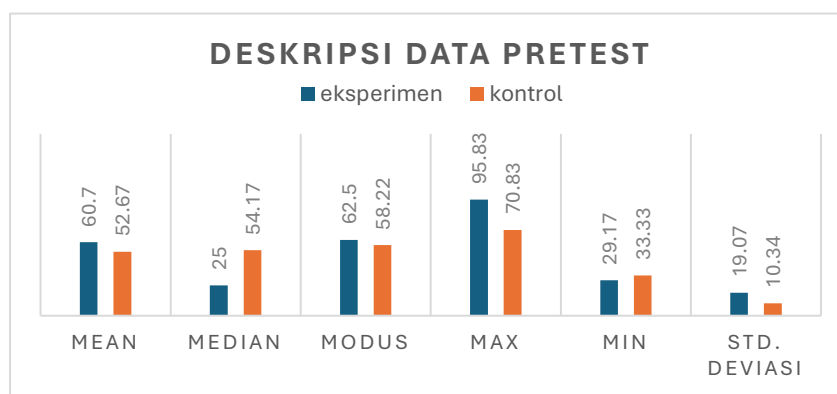
Analisis prasyarat dalam penelitian ini meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel dalam setiap kelompok termasuk kategori sampel kecil ( $n < 50$ ). Uji ini untuk memastikan data berdistribusi normal, sedangkan uji homogenitas digunakan untuk mengetahui kesamaan varians antara kelas eksperimen dan kelas kontrol melalui *Levene's test*. Untuk menguji pengaruh pembelajaran STEM-PjBL terhadap tingkat pemahaman relasional matematis peserta didik, Uji hipotesis dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test* apabila data memenuhi asumsi parametrik. Selain itu, untuk melihat peningkatan pemahaman relasional matematis peserta didik, digunakan analisis *N-Gain Score*.

## Hasil dan Diskusi

### Hasil Pretest

Analisis terhadap hasil *pretest* dimaksudkan untuk mengidentifikasi pemahaman relasional awal peserta didik. Statistik deskriptif yang digunakan meliputi nilai rata-rata (*mean*), *median*, modus, skor tertinggi, skor terendah, serta standar deviasi. Ringkasan hasil perhitungan statistik deskriptif pemahaman relasional peserta didik pada kelas kontrol dan kelas eksperimen dijabarkan pada Diagram.

Diagram 1. Deskripsi Data Hasil *Pretest* Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol



Pada Diagram 2. merepresentasikan bahwa rata-rata hasil *pretest* kelas eksperimen memiliki kemampuan awal pemahaman relasional matematis sebesar 25,29, sedangkan kelas kontrol mencapai 32,44. Nilai median pada kelas eksperimen sebesar 25.00, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 29.17, yang mengindikasikan kecenderungan kemampuan awal kelas kontrol sedikit lebih baik. Modus skor *pretest* kelas eksperimen sebesar 20.83, lebih rendah dibandingkan kelas kontrol sebesar 25.00. Skor maksimum pada kedua kelas sama, yaitu

58.33, namun skor minimum kelas eksperimen 4.17 lebih rendah dibandingkan kelas kontrol yang besarnya 12.50. Selain itu, hasil analisis standar deviasi kelas eksperimen sebesar 13.88, lebih besar dibandingkan kelas kontrol 11.80, yang menunjukkan bahwa variasi kemampuan awal peserta didik pada kelas eksperimen lebih heterogen.

### ***Hasil Posttest***

Data *Posttest* yang didapatkan dari kedua kelas pada penelitian ini dideskripsikan berdasarkan perhitungan statistik ditunjukkan pada tabel 3.

Diagram 2. Deskripsi Data Hasil *Posttest* Kelompok Eksperimen dan Kontrol

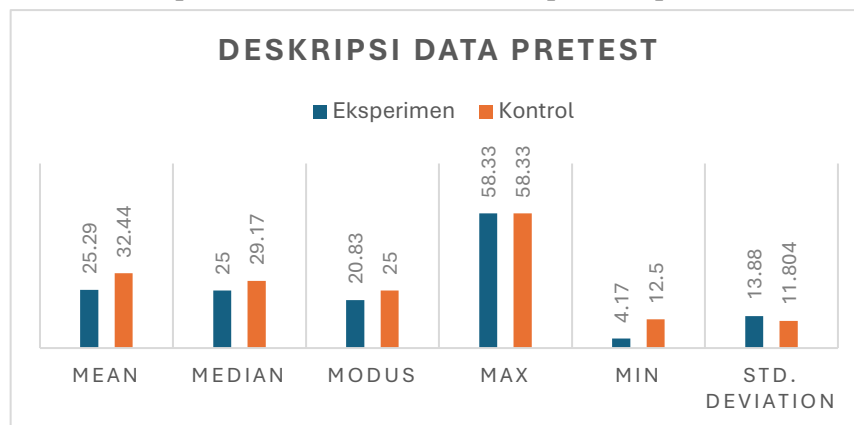


Diagram 2 menunjukkan bahwa rata-rata pemahaman relasional matematis peserta didik pada kelas eksperimen (60,70) lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol (52,67). Skor maksimum kelas eksperimen mencapai 95,83, melampaui kelas kontrol sebesar 70,83, yang mencerminkan capaian hasil belajar yang lebih baik. Selain itu, standar deviasi kelas eksperimen (19,07) yang lebih besar daripada kelas kontrol (10,34) menunjukkan variasi kemampuan peserta didik yang lebih beragam pada kelas eksperimen.

### ***Hasil Analisis N-Gain***

Analisis skor *N-Gain* dilakukan untuk mengetahui tingkat peningkatan pemahaman relasional matematis peserta didik dengan mempertimbangkan kemampuan awal yang dimiliki sebelum pembelajaran. Skor *N-Gain* dihitung berdasarkan selisih antara skor *pretest* dan *posttest* yang dinormalisasi terhadap skor maksimum, kemudian dikategorikan berdasarkan kriteria Hake, 1999. Statistik deskriptif skor *N-Gain* pemahaman relasional matematis peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Diagram 3.

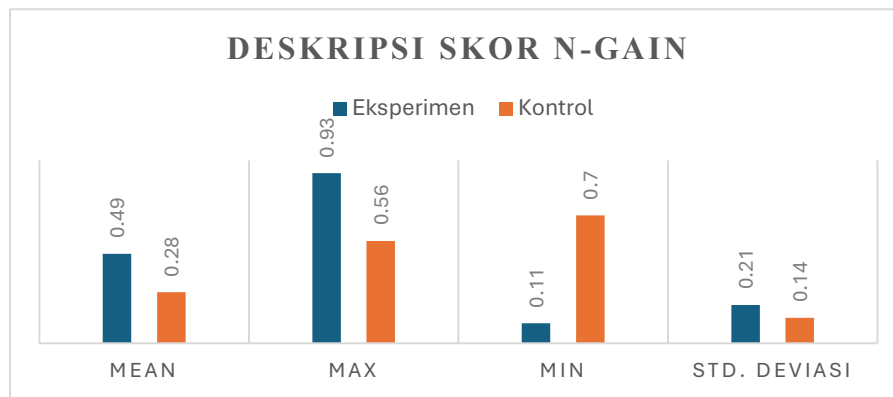
Diagram 3. Deskripsi Skor *N-Gain*

Diagram menunjukkan bahwa rata-rata skor *N-Gain* kelas eksperimen (0,49) lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol (0,28), yang mengindikasikan peningkatan hasil belajar yang lebih baik pada kelas eksperimen. Skor maksimum kelas eksperimen mencapai 0,93, melampaui kelas kontrol sebesar 0,56, sehingga mencerminkan efektivitas perlakuan yang lebih optimal. Namun, skor minimum kelas eksperimen (0,11) lebih rendah dibandingkan kelas kontrol (0,70). Selain itu, standar deviasi kelas eksperimen (0,21) yang lebih besar daripada kelas kontrol (0,14) menunjukkan bahwa variasi peningkatan kemampuan peserta didik pada kelas eksperimen lebih beragam.

### Uji Prasyarat

#### *Uji Normalitas*

Pengujian normalitas data dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27. Hasil uji dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>		<i>N-Gain</i>	
	E	K	E	K	E	K
Sig	0.192	0.188	0.236	0.379	0.854	0.110
Uji	$\geq 0.05$	$\geq 0.05$	$\geq 0.05$	$\geq 0.05$	$\geq 0.05$	$\geq 0.05$
<i>Shapiro-Wilk</i>	( $H_0$ diterima)	( $H_0$ diterima)	( $H_0$ diterima)	( $H_0$ diterima)	( $H_0$ diterima)	( $H_0$ diterima)
Keputusan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa distribusi skor *pretest*, *posttest*, dan *N-Gain* pemahaman relasional matematis siswa pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol berada dalam kondisi normal karena nilai  $sig > 0,05$ . Kondisi ini mengindikasikan bahwa sebaran data pada masing-masing kelompok tidak menyimpang secara signifikan dari distribusi normal, sehingga karakteristik data dapat merepresentasikan kondisi populasi secara wajar.

### Uji Homogenitas

Uji hoogenitas pada analisis ini menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS 27 dengan *Levene's test*. Hasil uji Homogenitas dijabarkan pada Tabel 6.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas *Pretest* dan *Posttest*

	<b><i>Pretest</i></b>	<b><i>Posttest</i></b>	<b><i>N-Gain</i></b>
Sig	0.610	0.011	0.041
<i>Levene's test</i>	$\geq 0.05$ ( $H_0$ di terima)	$< 0.05$ ( $H_0$ di tolak)	$< 0.05$ ( $H_0$ di tolak)
Keputusan	Data Homogen	Data Tidak Homogen	Data Tidak Homogen

Berdasarkan hasil *Levene's test*, nilai signifikansi *pretest* sebesar 0,610 ( $> 0,05$ ) menunjukkan bahwa data *pretest* bersifat homogen sehingga  $H_0$  diterima. Pada data *posttest*, nilai signifikansi sebesar 0,011 ( $< 0,05$ ) menandakan bahwa data tidak homogen dan  $H_0$  ditolak. Demikian pula pada data *N-Gain*, nilai signifikansi sebesar 0,041 ( $< 0,05$ ) menunjukkan bahwa data tidak homogen sehingga  $H_0$  ditolak. Dengan demikian, hanya data *pretest* yang memenuhi asumsi homogenitas, sedangkan data *posttest* dan *N-Gain* tidak memenuhi asumsi tersebut.

Meskipun data *posttest* dan *N-Gain* tidak homogen, pengujian hipotesis tetap dapat dilanjutkan karena asumsi normalitas telah terpenuhi. Oleh karena itu, analisis perbedaan peningkatan pemahaman relasional matematis dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test* dengan pendekatan *equal variances not assumed* (Welch's t-test). agar hasil pengujian tetap valid dan reliabel.

### Uji Hipotesis

#### *Uji Independent Samples t-test*

Hasil uji prasyarat mengindikasikan bahwa ketiga data terdistribusi secara normal. Sehingga dapat dilakukan uji parametrik pada data menggunakan *Independent Samples t-test*. Hasil uji hipotesis dipaparkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Independent Samples t-test*

	<b><i>Pretest</i></b>	<b><i>Posttest</i></b>	<b><i>N-Gain</i></b>
Sig.(2-tailed)	0.043	0.056	$< 0.001$
Keputusan	Sig. $< 0.05$ ( $H_0$ ditolak)	$\geq 0.05$ ( $H_0$ di terima)	Sig. $< 0.05$ ( $H_0$ ditolak)

Hasil analisis pada data *pretest* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,043 yang berada di bawah batas 0,05. Temuan tersebut mengarah pada penolakan hipotesis nol ( $H_0$ ) dan menandakan adanya perbedaan kemampuan awal antar kelompok. Kondisi ini menunjukkan bahwa kelas eksperimen dan kelas kontrol belum memiliki tingkat kemampuan awal yang sepenuhnya sebanding sebelum perlakuan diterapkan.

Selanjutnya, pengujian terhadap data *posttest* merepresentasikan nilai signifikansi sebesar 0,056 ( $\geq 0,05$ ), sehingga hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Secara signifikan, tidak terdapat perbedaan pada hasil *posttest* dari kedua kelas. Walaupun tidak signifikan secara statistik, perbedaan rata-rata menunjukkan kecenderungan hasil belajar pada kelas eksperimen meningkat.

Pada analisis skor *N-Gain* menunjukkan hasil yang berbeda. Nilai signifikansi uji *Independent Samples t-test* untuk *N-Gain* sebesar  $< 0,001$  mengindikasikan adanya perbedaan peningkatan pemahaman relasional matematis yang sangat signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Untuk mengukur besar pengaruh perlakuan, maka dilakukan uji *Effect size*.

### ***Uji Effect size***

Untuk memperkuat temuan tersebut, analisis lanjutan dilakukan dengan menghitung *effect size* menggunakan indeks Cohen's *d*. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh pembelajaran STEM-PjBL secara praktis, sehingga hasil penelitian tidak hanya menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, tetapi juga memberikan gambaran mengenai kekuatan dan relevansi pengaruh pembelajaran terhadap peningkatan pemahaman relasional matematis siswa. Hasil penghitungan *effect size* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *Effect size*

<i>Effect size Cohen's d</i>			
	<b><i>Pretest</i></b>	<b><i>Posttest</i></b>	<b><i>N-Gain</i></b>
<i>Point Estimate</i>	554	-523	-1.092
Kategori	Sedang	Sedang	Kuat

Berdasarkan hasil perhitungan *effect size* menggunakan *Cohen's d*, diperoleh nilai *effect size* pada *pretest* sebesar 0,554 yang termasuk dalam kategori sedang. Pada *posttest*, nilai *effect size* sebesar -0,523 juga berada pada kategori sedang, sedangkan pada *N-Gain* diperoleh nilai *effect size* sebesar -1,092 yang termasuk dalam kategori kuat. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang sedang pada *pretest* dan *posttest*, serta pengaruh yang kuat terhadap peningkatan hasil belajar yang ditunjukkan melalui *N-Gain*.

### **Diskusi**

Analisis hasil *pretest* menunjukkan bahwa kemampuan awal pemahaman relasional matematis peserta didik pada kelas eksperimen masih lebih rendah dibandingkan kelas kontrol. Secara deskriptif, rata-rata skor *pretest* kelas eksperimen sebesar 25,29, sedangkan kelas kontrol mencapai 32,44. Perbedaan ini juga tercermin pada nilai median (25,00 pada kelas eksperimen dan 29,17 pada kelas kontrol) serta modus (20,83 pada kelas eksperimen dan 25,00 pada kelas kontrol), yang mengindikasikan bahwa kecenderungan kemampuan awal peserta didik pada kelas kontrol relatif lebih baik. Meskipun skor maksimum kedua

kelas sama, yaitu 58,33, skor minimum kelas eksperimen lebih rendah (4,17) dibandingkan kelas kontrol (12,50). Standar deviasi kelas eksperimen yang lebih besar (13,88) dibandingkan kelas kontrol (11,80) menunjukkan bahwa variasi kemampuan awal peserta didik pada kelas eksperimen lebih heterogen. Temuan ini diperkuat oleh hasil uji *Independent Samples t-test* dengan nilai signifikansi sebesar 0,043 ( $< 0,05$ ), yang mengindikasikan adanya perbedaan kemampuan awal yang signifikan antara kedua kelas sebelum perlakuan diberikan.

Setelah penerapan pembelajaran STEM dengan pendekatan *Project-Based Learning* (PjBL), hasil *posttest* menunjukkan adanya peningkatan pemahaman relasional matematis pada kedua kelas. Rata-rata skor *posttest* kelas eksperimen meningkat menjadi 60,70, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang mencapai 52,67. Selain itu, skor maksimum kelas eksperimen mencapai 95,83, jauh melampaui capaian maksimum kelas kontrol sebesar 70,83. Namun demikian, hasil uji statistik inferensial menunjukkan bahwa perbedaan skor *posttest* antara kedua kelas belum signifikan secara statistik, dengan nilai signifikansi sebesar 0,056 ( $\geq 0,05$ ). Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun secara deskriptif kelas eksperimen menunjukkan capaian hasil belajar yang lebih tinggi, perbedaan capaian akhir tersebut belum cukup kuat secara statistik.

Variasi hasil *posttest* pada kelas eksperimen ditunjukkan oleh nilai standar deviasi sebesar 19,07, yang lebih besar dibandingkan kelas kontrol sebesar 10,34. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran STEM dengan pendekatan PjBL memberikan dampak yang beragam terhadap peserta didik. Peserta didik yang mampu terlibat aktif dalam proses pembelajaran berbasis proyek dan mengaitkan konsep matematika dengan konteks STEM cenderung memperoleh peningkatan pemahaman relasional yang lebih besar, sementara peserta didik yang kurang optimal dalam keterlibatan menunjukkan peningkatan yang lebih terbatas. seperti temuan Afriana, dkk menyatakan bahwa hamper seluruh siswa menyatakan senang dengan pembelajaran PjBL-STEM dan menimbulkan motivasi dan minat dalam belajar (Afriana et al., 2016).

Analisis skor *N-Gain* memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait efektivitas pembelajaran dengan mempertimbangkan kemampuan awal peserta didik. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata skor *N-Gain* kelas eksperimen sebesar 0,49 berada pada kategori sedang, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata skor *N-Gain* sebesar 0,28 yang termasuk kategori rendah. Selain itu, skor *N-Gain* maksimum kelas eksperimen mencapai 0,93, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,56. Meskipun skor minimum kelas eksperimen (0,11) lebih rendah dibandingkan kelas kontrol, standar deviasi *N-Gain* kelas eksperimen yang lebih besar (0,21) dibandingkan kelas kontrol (0,14) menunjukkan variasi peningkatan kemampuan yang lebih luas pada kelas eksperimen. Hasil uji *Independent Samples t-test* pada skor *N-Gain* menunjukkan nilai signifikansi  $< 0,001$ , yang mengindikasikan adanya perbedaan peningkatan pemahaman relasional matematis yang sangat signifikan antara kedua kelas.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran STEM dengan pendekatan PjBL lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman relasional matematis peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional. Meskipun kelas eksperimen memiliki

kemampuan awal yang lebih rendah, peningkatan kemampuan yang dicapai setelah perlakuan justru lebih tinggi secara proporsional. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi STEM-PjBL mampu memfasilitasi peserta didik untuk membangun keterkaitan antarkonsep matematika melalui aktivitas proyek yang kontekstual dan bermakna, sesuai dengan karakteristik pemahaman relasional matematis. Utama, dkk. juga menyatakan pembelajaran PjBL berbasis STEM terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematik siswa serta mendorong partisipasi aktif dan keterampilan berpikir kritis siswa (Utama et al., 2024).

Keefektifan pembelajaran STEM-PjBL juga diperkuat oleh hasil analisis *effect size* menggunakan indeks Cohen's d. Nilai *effect size* pada skor *N-Gain* sebesar  $-1,092$  berada pada kategori kuat, yang menunjukkan bahwa pengaruh pembelajaran STEM-PjBL terhadap peningkatan pemahaman relasional matematis tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara praktis. Sementara itu, nilai *effect size* pada *pretest* ( $0,554$ ) dan *posttest* ( $-0,523$ ) berada pada kategori sedang, yang menunjukkan bahwa perubahan kemampuan peserta didik dari sebelum hingga sesudah pembelajaran tetap dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan.

Secara keseluruhan, berdasarkan analisis deskriptif, hasil uji statistik inferensial, serta pengukuran *effect size*, pembelajaran STEM dengan pendekatan *Project-Based Learning* terbukti memberikan kontribusi positif dan lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman relasional matematis peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran yang menekankan keterkaitan konsep, pemecahan masalah kontekstual, dan keterlibatan aktif peserta didik mampu mendorong peningkatan pemahaman relasional matematis secara lebih optimal. Sejalan dengan penelitian Sari, dkk. yang menyatakan PjBL yang terintegrasi dengan pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan kemampuan pemahaman konsep serta disposisi matematis peserta didik (Sari et al., 2022). Penelitian Tipani dan Yulisma juga menyatakan bahwa penerapan pembelajaran PjBL berbasis STEM berpengaruh terhadap penguasaan konsep serta kemampuan berpikir analitis peserta didik (Tipani & Yulisma, 2019). Yulaikah, dkk juga menyatakan Pembelajaran STEM dengan model PjBL berpengaruh terhadap kreativitas dan pemahaman konsep susea dengan kategori signifikansi besar (Yulaikah et al., 2022).

## **Keterbatasan**

Salah satu keterbatasan penelitian ini terletak pada kenaikan tingkat kemampuan pemahaman relasional peserta didik yang diperoleh melalui pembelajaran STEM dengan pendekatan pembelajaran berbasis PjBL yang masih dikategorikan pada taraf sedang. Kondisi tersebut mencerminkan bahwa efektivitas model pembelajaran yang diterapkan tersebut belum mencapai tingkat maksimal dan kemungkinan masih dipengaruhi oleh konteks pembelajaran tertentu. Temuan ini memberikan dasar bagi penelitian mendatang dalam mengkaji strategi penguatan implementasi STEM-PjBL agar menghasilkan peningkatan pemahaman relasional yang lebih tinggi.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, uji statistik inferensial, serta pengukuran *effect size*, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran STEM dengan pendekatan *Project-Based Learning* (PjBL) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman relasional matematis peserta didik. Meskipun kemampuan awal kelas eksperimen lebih rendah dibandingkan kelas kontrol, peningkatan yang dicapai setelah perlakuan secara proporsional lebih tinggi dan signifikan, sebagaimana ditunjukkan oleh skor *N-Gain* kategori sedang dan perbedaan peningkatan yang sangat signifikan secara statistik, serta didukung oleh nilai *effect size* kategori kuat. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi STEM–PjBL mampu memfasilitasi peserta didik dalam mengaitkan konsep-konsep matematika secara bermakna melalui aktivitas proyek yang kontekstual, meningkatkan keterlibatan aktif, serta mendorong pemahaman relasional matematis secara lebih optimal dibandingkan pembelajaran konvensional.

## Referensi

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project-based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Angio, S. T., Pitaloka, Whilis Putri, Sitoou, Joni Wilson, Naibaho, Tutiarny, Rizqi, Vini, & Saragi, Dian Putra. (2025). *Integrasi Keterampilan 4c (critical Thinking, Creativity, Communication, Collaboration) Dalam Kurikulum Berdampak Untuk Pembelajaran Matematika*. 6.
- Ariawan, R., Tamalla, S., Kafrina, K., Nurdin, E., & Fitriani, D. (2024). Profil Kemampuan Pemahaman Relasional Ditinjau Dari Self-Efficacy Siswa. *Juring (Journal for Research in Mathematics Learning)*, 7(2), 161. <https://doi.org/10.24014/juring.v7i2.25418>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3, s40594-016-0036–1. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*.
- Noer, D. (2025). *Implementasi Project Based Learning Pada Kurikulum Merdeka*. 7. <https://doi.org/10.31932/j-pimat.v7i1.4663>
- Nurhangesti, M. (2024). Faktor-Faktor Pemahaman Konsep Matematika: Kajian Literatur. *Jurnal Media Akademik*, 2. <https://doi.org/10.62281>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results Indonesia*.
- Patkin, D., & Plaksin, O. (2019). Procedural and relational understanding of pre-service mathematics teachers regarding spatial perception of angles in pyramids. ... *Journal of Mathematical Education in Science ...*, Query date: 2025-12-05 08:11:17. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1480808>
- Rahmi, F., Iltavia, I., & Zarista, R. H. (2021). Efektivitas Pembelajaran Berorientasi Matematika Realistik untuk Membangun Pemahaman Relasional pada Materi

- Peluang. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 2869–2877. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i3.673>
- Ralph, R. A. (2016). Post secondary project-based learning in science, technology, engineering and mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 26–35. <https://doi.org/10.3926/jotse.155>
- Rizki, N. M. (2022). *Analisis Kemampuan Pemahaman Relasional Siswa SMP Dalam Menyelesaikan Soal Kubus dan Balok*. 13(1). <https://doi.org/10.32534/jnr.v13i1.2023>
- sanders, mark. (2009). *STEM, STEM Education, STEMmania*.
- Sari, S. U. R., Lestari, R. D., & Kinasih, I. A. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Dan Disposisi Matematis Dalam Menyelesaikan Permasalahan Matematika. *JPMI (Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia)*, 7(2), 61. <https://doi.org/10.26737/jpmi.v7i2.3634>
- Skemp, R. R. (1976). *Relational Understanding and Instrumental Understanding*.
- Supianti, I. I., Yaniawati, P., Bonyah, E., Hasbiah, A. W., & Rozalini, N. (2025). STEAM approach in project-based learning to develop mathematical literacy and students' character. *Infinity Journal*, 14(2), 283–302. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i2.p283-302>
- Tipani, A., & Yulisma, L. (2019). *Implementasi Model PjBL Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berpikir Analitis Siswa*. 4. <https://doi.org/10.31949/be.v4i2.1700>
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- Urpani, D., & Kristayulita, K. (2024). Efektivitas Pembelajaran Stem Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Siswa. *Journal of Math Tadris*, 4(1), 59–66. <https://doi.org/10.55099/jmt.v4i1.124>
- Utama, C., Ulya, M. Y. N., Oktavella, V. R. D., Jannah, T. R., & Larasati, F. (2024). *Kemampuan Berpikir Matematis Siswa Sekolah Dasar Pada Materi Bangun Datar Terintegrasi Stem*. 09.
- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., Bay-Williams, J. M., & Wray, J. (2023). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally* (Eleventh edition). Pearson.
- Yulaikah, I., Rahayu, S., & Parlan, P. (2022). Efektivitas Pembelajaran STEM dengan Model PjBL Terhadap Kreativitas dan Pemahaman Konsep IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 7(6), 223. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v7i6.15275>