

Efektivitas Pendekatan STEM Berbasis Collaborative Learning terhadap Pemahaman Konsep Abstrak Siswa Sekolah Dasar

Syarifuddin^{1)*}, Syarifuddin²⁾, Ika Wirahmad³⁾, Mikrayanti³⁾

¹⁾Universitas Muhammadiyah Bima, Bima, Indonesia

²⁾PGMI, Universitas Muhammadiyah Bima, Bima, Indonesia

³⁾Universitas Nggusuwaru, Bima, Indonesia

*Correspondence: syarifuddin@umbima.ac.id

Abstract: Understanding abstract concepts is still a major challenge in learning science and mathematics at the elementary school level. This study aims to test the effectiveness of a STEM-based Collaborative Learning approach to improving students' understanding of abstract concepts. This study used a quasi-experimental method with a one-group pretest-posttest design, involving 25 fifth-grade students from an elementary school in Jakarta who were selected through purposive sampling. The research instruments consisted of abstract concept comprehension tests (pretest and posttest), collaborative involvement observation sheets, and student participation questionnaires. Data analysis was carried out quantitatively using a paired sample t-test and supported by thematic qualitative analysis. The results showed that there was a significant increase in the abstract concept comprehension score, with an average pretest score of 62.2 increasing to 75.9 on the posttest. The t-test results obtained a value of $t = -45.0$ with $p < 0.001$, which indicates the statistical effectiveness of the intervention. Observations and questionnaires showed high student involvement in group discussions and collaborative application of concepts. The conclusion of this study is that STEM-based Collaborative Learning is able to facilitate the learning of abstract concepts in a more meaningful and participatory way. Suggestions for further research are to test the effectiveness of this approach at different levels and to explore its integration with digital technology to strengthen students' absorption of abstract, cross-disciplinary material.

Keywords: Collaborative Learning, STEM, Abstract Understanding, Elementary School

Abstrak: Pemahaman konsep abstrak masih menjadi tantangan utama dalam pembelajaran sains dan matematika di tingkat Sekolah Dasar. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM terhadap peningkatan pemahaman konsep abstrak siswa. Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimental dengan desain one-group pretest-posttest, melibatkan 25 siswa kelas V dari salah satu sekolah dasar di Jakarta yang dipilih melalui teknik purposive sampling. Instrumen penelitian terdiri atas tes pemahaman konsep abstrak (pretest dan posttest), lembar observasi keterlibatan kolaboratif, dan kuesioner partisipasi siswa. Analisis data dilakukan secara kuantitatif menggunakan paired sample t-test dan didukung oleh analisis kualitatif tematik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan signifikan skor pemahaman konsep abstrak, dengan rata-rata nilai pretest sebesar 62.2 meningkat menjadi 75.9 pada posttest. Hasil uji t memperoleh nilai $t = -45.0$ dengan $p < 0.001$, yang mengindikasikan efektivitas intervensi secara statistik. Observasi dan kuesioner menunjukkan tingginya keterlibatan siswa dalam diskusi kelompok dan penerapan konsep secara kolaboratif. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa Collaborative Learning berbasis STEM mampu memfasilitasi pembelajaran konsep abstrak secara lebih bermakna dan partisipatif. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menguji efektivitas pendekatan ini pada jenjang yang berbeda serta mengeksplorasi integrasinya dengan teknologi digital untuk memperkuat daya serap siswa terhadap materi abstrak lintas disiplin.

Kata kunci: Collaborative Learning, STEM, Pemahaman Abstrak, Sekolah Dasar

This is an open access article under the [CC - BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



PENDAHULUAN

Latar belakang penelitian ini didasarkan pada urgensi untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak dalam pembelajaran Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) di Sekolah Dasar. Konsep abstrak, seperti bilangan pecahan dalam matematika atau gaya dan energi dalam sains, seringkali tidak dapat diamati secara langsung dan memerlukan pemahaman konseptual tingkat tinggi. Siswa usia dasar umumnya mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada materi yang memerlukan imajinasi atau penalaran simbolik. Yulaikah et al., (2022) menekankan bahwa pembelajaran STEM yang terintegrasi secara lintas-disiplin dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa secara simultan. Dalam konteks ini, pendekatan yang melibatkan kolaborasi antar siswa menjadi penting agar pemahaman tidak sekadar bersifat teoritis, tetapi juga berkembang melalui interaksi sosial yang aktif dan bermakna.

Masalah utama yang dihadapi dalam pembelajaran STEM di tingkat Sekolah Dasar adalah rendahnya kemampuan siswa dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Data dari beberapa sekolah dasar di Jakarta

menunjukkan bahwa lebih dari 45% siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep bilangan pecahan atau prinsip energi dan gerak. Kesulitan ini tidak hanya berakar pada kompleksitas materi, tetapi juga pada pendekatan pembelajaran yang masih bersifat konvensional dan berpusat pada guru. Penelitian Alawiya et al., (2022) menunjukkan bahwa model pembelajaran yang tidak melibatkan interaksi sosial antarsiswa cenderung tidak efektif dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif yang tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga menstimulasi aktivitas kognitif melalui kerja sama dan diskusi kelompok.

Hasil observasi awal di beberapa kelas Sekolah Dasar menunjukkan bahwa siswa masih pasif dalam proses pembelajaran, terutama saat menghadapi materi yang abstrak. Aktivitas belajar cenderung berlangsung satu arah, dan siswa mengalami kesulitan dalam menerapkan teori ke dalam praktik atau situasi sehari-hari. Sebagian besar siswa gagal menghubungkan pengetahuan sebelumnya dengan konteks baru, sehingga pemahamannya terbatas pada hafalan. Rikawati & Sitinjak, (2020) menyatakan bahwa pembelajaran yang didominasi oleh metode ceramah cenderung tidak efektif dalam mengembangkan pemahaman konseptual. Sebaliknya, model yang mendorong diskusi dan kolaborasi memungkinkan siswa untuk mengonstruksi makna secara kolektif dan menumbuhkan rasa percaya diri dalam mengekspresikan pemahamannya.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah penerapan model Collaborative Learning dalam konteks pembelajaran STEM. Collaborative Learning menekankan pentingnya kerja sama dalam kelompok kecil untuk menyelesaikan tugas atau memecahkan masalah, yang memungkinkan terjadinya pertukaran ide dan dialog bermakna antar siswa. Oswald & Zhao, (2021) menyatakan bahwa pembelajaran kolaboratif dapat meningkatkan kemampuan pemahaman terhadap konsep kompleks karena siswa memiliki kesempatan untuk mengklarifikasi pemikiran, mengoreksi miskonsepsi, dan menyusun pengetahuan baru secara sosial. Dalam pembelajaran STEM, pendekatan ini sangat relevan karena mendorong integrasi pengetahuan lintas bidang dan menekankan pada pemecahan masalah nyata yang memerlukan kerja sama tim.

State of the art dari penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun model Collaborative Learning telah banyak dikaji dalam berbagai konteks pendidikan, penerapannya secara spesifik dalam pembelajaran STEM di Sekolah Dasar masih sangat terbatas. Berbagai studi, seperti yang dilakukan oleh Meijer et al., (2020), menegaskan bahwa Collaborative Learning dalam konteks STEM mampu meningkatkan pemahaman konsep teknis sekaligus memperkuat keterampilan komunikasi dan kerja tim. Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada pendidikan menengah dan tinggi, sementara pada jenjang sekolah dasar, pemahaman konsep abstrak—seperti gaya, energi, atau materi—memerlukan pendekatan instruksional yang lebih kontekstual dan sesuai dengan tahap perkembangan kognitif anak. Minimnya bukti empiris mengenai efektivitas Collaborative Learning dalam membangun pemahaman konsep abstrak di tingkat SD menciptakan celah riset yang penting. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk menjawab kekosongan tersebut dengan menguji secara sistematis bagaimana Collaborative Learning dapat dirancang dalam pembelajaran STEM di SD untuk mendukung pemahaman konsep abstrak secara lebih bermakna dan kolaboratif, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan pembelajaran berbasis kerja sama yang relevan dengan karakteristik siswa sekolah dasar.

Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi antara pendekatan Collaborative Learning dengan integrasi konteks STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar. Fokus penelitian diarahkan pada bagaimana proses kolaboratif dalam kelompok kecil dapat mendukung representasi mental siswa terhadap konsep yang bersifat tidak konkret. Sementara banyak studi sebelumnya hanya menilai hasil belajar dari sisi nilai atau kognisi umum, penelitian ini berupaya untuk memahami dinamika interaksi antar siswa dalam membentuk pemahaman konsep abstrak, seperti gaya, energi, dan pecahan, melalui diskusi, eksperimen, dan pemecahan masalah berbasis proyek. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan metode pembelajaran inovatif yang dapat diterapkan di Sekolah Dasar, khususnya dalam memperkuat pemahaman konsep abstrak. Model ini juga memberikan alternatif strategi belajar yang lebih partisipatif dan demokratis dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Penelitian ini tidak hanya berdampak terhadap pencapaian akademik, tetapi juga mengembangkan kemampuan sosial dan kolaboratif siswa sejak usia dini, yang sangat dibutuhkan dalam membangun kompetensi abad ke-21.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: "Apakah terdapat efektivitas pendekatan STEM berbasis Collaborative Learning terhadap pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar?" Rumusan ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengkaji secara empiris efektivitas pendekatan pembelajaran integratif yang menekankan pada kerja sama siswa dalam konteks penyelesaian masalah nyata. Dengan mempertimbangkan pentingnya pemahaman konsep abstrak dalam penguasaan materi STEM, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana pembelajaran kolaboratif dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan pemahaman tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)

Pendekatan STEM merupakan integrasi empat disiplin utama—sains, teknologi, rekayasa, dan matematika—yang dirancang untuk membekali peserta didik dengan keterampilan problem solving, berpikir kritis, dan kolaborasi lintas bidang. Teori utama yang mendasari pendekatan ini adalah konstruktivisme, yang memandang belajar sebagai proses aktif membangun pengetahuan melalui pengalaman nyata dan eksplorasi kontekstual. Dalam konteks pendidikan dasar, STEM tidak sekadar menyajikan konten dari keempat disiplin, melainkan mengajak siswa untuk memahami hubungan fungsional antar bidang dalam menyelesaikan masalah dunia nyata (Gao et al., 2020; Li et al., 2020; Muttaqin, 2023). Pembelajaran berbasis STEM berupaya menggeser paradigma dari pembelajaran pasif menuju aktivitas eksploratif, kreatif, dan aplikatif yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Dengan mengintegrasikan pemikiran ilmiah dan pemecahan masalah teknologis sejak usia dini, siswa lebih mudah memahami konsep abstrak yang sebelumnya dianggap sulit, seperti gaya, energi, atau sistem bilangan pecahan.

Sejumlah penelitian mendukung efektivitas pendekatan STEM dalam meningkatkan keterampilan kognitif dan afektif siswa. Studi oleh Firdaus & Hamdu, (2020) menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran STEM secara terpadu mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa terhadap materi sains dan matematika, serta memperkuat minat mereka dalam bidang teknologi dan rekayasa. Penelitian lainnya oleh Putri & Juandi, (2023) menekankan bahwa pendidikan STEM yang dirancang untuk jenjang dasar memiliki potensi besar dalam membangun dasar berpikir sistematis dan logis sejak dini, terutama ketika dikombinasikan dengan model pembelajaran aktif seperti project-based learning atau collaborative learning. Dalam konteks ini, STEM bukan hanya pendekatan pedagogis, tetapi juga strategi penguatan kompetensi abad ke-21 yang menyeluruh, mencakup literasi teknologi, kemampuan berpikir lintas disiplin, dan fleksibilitas berpikir dalam menghadapi tantangan yang kompleks.

Collaborative Learning

Collaborative Learning merupakan pendekatan pembelajaran yang berakar pada teori socio-constructivism yang dikembangkan oleh Vygotsky, yang menekankan pentingnya interaksi sosial dalam proses pembangunan pengetahuan. Dalam konteks ini, belajar tidak dipandang sebagai proses individual semata, melainkan sebagai hasil dari negosiasi makna dan pertukaran ide dalam kelompok. Melalui kerja sama dalam kelompok kecil, siswa saling bertukar informasi, menjelaskan gagasan, serta merefleksikan pemahaman masing-masing, yang pada akhirnya memperkuat struktur kognitif secara kolektif. Peramunugamage et al., (2023) menyatakan bahwa collaborative learning mendorong keterlibatan aktif siswa, memperbaiki hasil belajar, dan meningkatkan empati serta rasa tanggung jawab sosial. Model ini juga memperkuat keterampilan komunikasi, negosiasi, dan toleransi terhadap perbedaan pendapat—kompetensi yang esensial dalam dunia kerja dan masyarakat modern.

Penelitian empiris mendukung efektivitas collaborative learning dalam meningkatkan pemahaman konsep, termasuk konsep yang bersifat abstrak. Studi oleh van der Meer et al., (2023) menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam pembelajaran kolaboratif memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belajar secara individual. Selain itu, collaborative learning menciptakan kondisi belajar yang lebih otentik, di mana pemecahan masalah dilakukan secara timbal balik dan didukung oleh argumentasi berbasis bukti. Dalam konteks pembelajaran STEM, pendekatan ini sangat relevan karena menuntut integrasi pemikiran dari berbagai bidang dan penerapan dalam pemecahan masalah nyata. Dengan memberikan ruang bagi siswa untuk mendiskusikan, menguji, dan memvalidasi ide secara bersama-sama, collaborative learning bukan hanya meningkatkan pemahaman kognitif, tetapi juga mengembangkan kompetensi sosial yang penting dalam pembelajaran abad ke-21.

Pemahaman Konsep Abstrak

Pemahaman konsep abstrak merujuk pada kemampuan individu untuk membentuk representasi mental terhadap ide, prinsip, atau fenomena yang tidak dapat diamati secara langsung. Teori kognitif yang dikembangkan oleh Bruner menyatakan bahwa pembelajaran konsep dapat terjadi melalui tiga tahap representasi: enaktif, ikonik, dan simbolik, di mana representasi simbolik menjadi kunci dalam memahami konsep abstrak. Dalam konteks pendidikan dasar, tantangan muncul ketika siswa diminta untuk memproses informasi yang tidak memiliki bentuk konkret, seperti bilangan pecahan, gaya, atau energi. Konsep-konsep ini memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan menghubungkan antara simbol, ilustrasi, dan makna konseptual. Piaget menambahkan bahwa tahap operasional konkret belum sepenuhnya memungkinkan anak usia sekolah dasar untuk berpikir secara formal terhadap konsep abstrak, sehingga dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang mampu menjembatani antara pengalaman konkret dengan simbolisasi abstrak.

Penelitian empiris mendukung bahwa strategi pembelajaran berbasis visualisasi, eksplorasi, dan kolaborasi dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak. Menurut hasil studi oleh Hariyono, (2023), penggunaan pendekatan berbasis representasi visual dan diskusi kelompok memungkinkan siswa untuk membangun relasi makna yang lebih kuat antar konsep. Selain itu, Aini et al., (2020) menemukan bahwa pemahaman konsep abstrak akan lebih

optimal jika siswa diberi kesempatan untuk merefleksikan dan membandingkan berbagai representasi dari suatu konsep. Dalam konteks pembelajaran STEM, kemampuan memahami konsep abstrak menjadi fondasi penting untuk mengembangkan pemahaman lintas-disiplin yang terintegrasi. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang memberikan pengalaman konkret sekaligus membuka ruang dialog konseptual—seperti collaborative learning—memiliki peran krusial dalam memperkuat pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar secara sistematis dan mendalam.

METODE

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi-eksperimental dengan desain one-group pretest–posttest untuk menguji efektivitas pendekatan STEM berbasis Collaborative Learning terhadap pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi perubahan tingkat pemahaman siswa sebelum dan sesudah diberi perlakuan pembelajaran, tanpa melibatkan kelompok kontrol. Melalui pemberian tes pretest untuk mengukur pemahaman awal, dan posttest setelah penerapan intervensi, desain ini memberikan gambaran kuantitatif yang jelas mengenai dampak dari model pembelajaran yang digunakan. Desain ini juga cocok untuk konteks kelas nyata, di mana randomisasi tidak dapat dilakukan karena keterbatasan praktis. Dengan demikian, perubahan skor antara pretest dan posttest dapat dianalisis untuk menilai apakah pembelajaran kolaboratif berbasis STEM memberikan kontribusi signifikan dalam memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak yang seringkali menjadi kendala dalam pembelajaran matematika dan sains di tingkat dasar.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah salah satu Sekolah Dasar di kecamatan Bolo Kabupaten Bima yang berada pada rentang usia 9 hingga 12 tahun, yang secara kognitif telah memasuki tahap operasional konkret menuju formal awal menurut klasifikasi Piaget. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling dengan mempertimbangkan kesesuaian karakteristik kelas, seperti kesetaraan kemampuan awal dalam mata pelajaran matematika dan sains, serta keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran. Berdasarkan kriteria tersebut, terpilih satu kelas sebagai kelompok eksperimen, yang terdiri dari 25 siswa. Seluruh siswa dalam kelas tersebut mengikuti intervensi berupa pembelajaran menggunakan pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM. Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengamati perubahan pemahaman konsep abstrak secara langsung melalui perbandingan skor pretest dan posttest dalam kelompok yang sama. Pemilihan satu kelompok eksperimen tanpa kelompok kontrol didasarkan pada keterbatasan praktis di lapangan serta kesesuaian dengan desain one-group pretest–posttest yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Sampel Penelitian

Kelompok	Jumlah Siswa	Intervensi Pembelajaran
Kelompok Eksperimen	25	Collaborative Learning berbasis STEM

Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen terstandar untuk mengumpulkan data secara komprehensif terkait pemahaman konsep abstrak dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Instrumen disusun dengan validitas isi yang diperkuat melalui telaah pakar dan uji coba terbatas sebelum digunakan dalam pengumpulan data utama.

Tabel 2. Instrumen Penelitian

No.	Nama Instrumen	Tujuan Penggunaan	Deskripsi dan Karakteristik
1.	Tes Pemahaman Konsep Abstrak	Mengukur perubahan tingkat pemahaman konsep abstrak siswa sebelum dan sesudah intervensi	Tes berbentuk uraian dan pilihan ganda kontekstual terkait matematika dan sains; diberikan pada pretest dan posttest; valid dan reliabel untuk siswa SD.
2.	Lembar Observasi Aktivitas Kolaboratif	Menilai keterlibatan siswa dalam kegiatan Collaborative Learning berbasis STEM	Pedoman observasi terstruktur; mencatat dinamika diskusi, partisipasi, dan penerapan konsep dalam kelompok kecil; digunakan setiap sesi pembelajaran.
3.	Kuesioner Keterlibatan Siswa	Menggali persepsi siswa terhadap keterlibatan mereka dalam pembelajaran kolaboratif	Skala Likert 5 poin; terdiri dari 10 item yang mengukur partisipasi, kerja sama, dan pemecahan masalah kelompok; dianalisis secara kuantitatif.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahapan utama yang meliputi: (1) tahap persiapan, (2) tahap intervensi, dan (3) tahap pengumpulan data. Setiap tahap dirancang secara sistematis untuk memastikan keakuratan pelaksanaan dan keabsahan data yang diperoleh terkait pengaruh pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM terhadap pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar.

Tahap Persiapan

Pada tahap awal, peneliti melakukan koordinasi dengan pihak sekolah serta guru kelas untuk menjelaskan tujuan dan alur penelitian. Selanjutnya, diberikan tes awal (pretest) kepada seluruh siswa dalam kelompok eksperimen untuk mengukur tingkat pemahaman awal mereka terhadap konsep-konsep abstrak dalam matematika dan sains. Siswa juga diberikan orientasi mengenai model Collaborative Learning, termasuk cara kerja dalam kelompok kecil, etika kolaborasi, dan pembagian peran dalam pemecahan masalah. Orientasi ini penting untuk memastikan bahwa seluruh siswa memahami mekanisme pembelajaran yang akan diterapkan selama intervensi berlangsung.

Tahap Intervensi

Tahap intervensi berlangsung selama delapan minggu, dengan frekuensi dua kali pertemuan per minggu. Setiap sesi berdurasi 70 menit dan difokuskan pada aktivitas kolaboratif berbasis konteks STEM, di mana siswa bekerja dalam kelompok kecil untuk menyelesaikan tugas pemecahan masalah yang melibatkan integrasi konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika. Materi pembelajaran dikembangkan secara tematik dan menekankan pada penerapan konsep abstrak dalam situasi nyata. Selama proses ini, guru berperan sebagai fasilitator yang mendorong diskusi, refleksi, dan pertukaran ide antar anggota kelompok.

Tahap Pengumpulan Data

Setelah seluruh siklus pembelajaran selesai, siswa diberikan tes akhir (posttest) yang sama dengan pretest untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep abstrak. Selain data kuantitatif dari tes, dikumpulkan juga data kualitatif melalui observasi kelas menggunakan pedoman terstruktur, serta kuesioner keterlibatan siswa. Observasi bertujuan untuk mendokumentasikan dinamika kolaborasi dan penerapan konsep selama proses pembelajaran, sementara kuesioner mengungkap persepsi siswa terhadap keterlibatan mereka dalam kegiatan pembelajaran kolaboratif. Semua data dianalisis untuk mengetahui efektivitas pembelajaran berbasis Collaborative Learning dalam meningkatkan kemampuan konseptual siswa secara signifikan.

Validitas dan Reliabilitas

Dalam memastikan validitas penelitian, instrumen yang digunakan akan diuji coba terlebih dahulu untuk memastikan bahwa tes dan kuesioner mengukur apa yang dimaksud. Validitas konten akan dijaga dengan meminta para ahli dalam bidang pendidikan matematika dan sains untuk mengevaluasi instrumen yang digunakan. Reliabilitas data akan dijaga dengan memastikan konsistensi dalam pengumpulan data dan dengan menggunakan instrumen yang telah diuji reliabilitasnya pada sampel sebelumnya.

Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis dengan pendekatan statistik kuantitatif dan analisis kualitatif deskriptif, guna memberikan pemahaman yang utuh terhadap efektivitas pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM dalam meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar.

Analisis Kuantitatif

Dalam mengukur efektivitas intervensi, digunakan uji paired sample t-test guna membandingkan skor pretest dan posttest dalam kelompok eksperimen yang sama. Uji ini dipilih karena sesuai dengan desain one-group pretest-posttest, dan mampu mendeteksi perbedaan yang signifikan secara statistik dalam pemahaman konsep abstrak sebelum dan sesudah perlakuan. Selain itu, dilakukan perhitungan skor gain absolut dan N-Gain untuk mengevaluasi tingkat peningkatan pemahaman siswa secara proporsional. Analisis ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik seperti SPSS atau JASP, dan signifikansi ditetapkan pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Analisis Kualitatif

Data dari observasi kelas dan kuesioner keterlibatan siswa dianalisis menggunakan analisis tematik, yaitu dengan mengidentifikasi pola-pola perilaku, interaksi sosial, serta bentuk-bentuk keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran kolaboratif. Hasil observasi dianalisis berdasarkan kategori seperti partisipasi aktif, kerja sama, argumentasi, dan pemanfaatan konsep abstrak dalam diskusi kelompok. Sementara itu, data kuesioner dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan persepsi siswa terhadap pengalaman belajar mereka. Analisis kualitatif ini berfungsi sebagai pelengkap

data kuantitatif dan memberikan wawasan kontekstual mengenai bagaimana proses pembelajaran berbasis kolaborasi mendorong terjadinya konstruksi pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak secara bermakna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pendekatan STEM berbasis Collaborative Learning dalam meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar. Data dikumpulkan melalui tes pretest dan posttest, serta didukung oleh observasi kelas dan kuesioner keterlibatan siswa. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana pendekatan pembelajaran yang diterapkan memberikan dampak terhadap perubahan kognitif dan perilaku siswa dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Hasil statistika penelitian dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Deskripsi Penelitian

	Pretest	Posttest
N	25	25
Missing	0	0
Mean	62.2	75.9
Median	62	76
Standard deviation	4.42	5.16
Minimum	55	66
Maximum	69	83

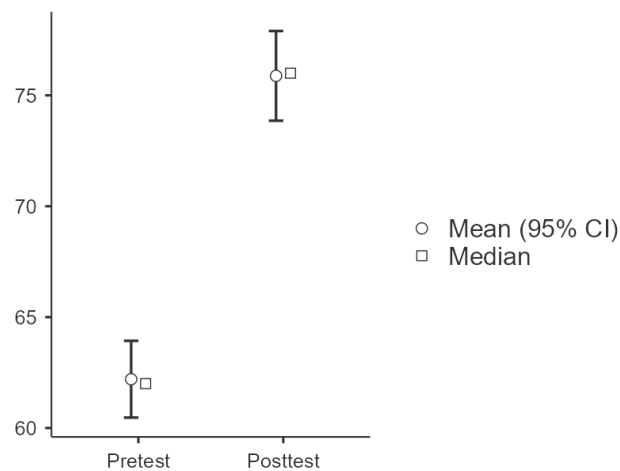
Berdasarkan hasil analisis deskriptif terhadap skor pretest dan posttest, terlihat adanya peningkatan yang signifikan dalam pemahaman konsep abstrak siswa setelah diterapkannya pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM. Rata-rata nilai (mean) meningkat dari 62.2 pada pretest menjadi 75.9 pada posttest, dengan median yang juga menunjukkan konsistensi peningkatan, dari 62 menjadi 76. Selain itu, rentang skor juga mengalami pergeseran ke arah yang lebih tinggi, dengan nilai minimum meningkat dari 55 menjadi 66, dan nilai maksimum dari 69 menjadi 83, yang mencerminkan bahwa peningkatan terjadi di seluruh spektrum kemampuan siswa. Meskipun terdapat sedikit peningkatan pada standar deviasi (dari 4.42 menjadi 5.16), hal ini mengindikasikan adanya keragaman respons positif terhadap intervensi, tanpa mengurangi kecenderungan umum bahwa sebagian besar siswa mengalami peningkatan signifikan dalam penguasaan konsep-konsep abstrak. Temuan ini memperkuat efektivitas pembelajaran kolaboratif berbasis STEM dalam memfasilitasi pemahaman yang lebih dalam dan bermakna di tingkat Sekolah Dasar.

Tabel 4. Paired Samples T-Test

			statistic	df	p
Pretest	Posttest	Student's t	-45.0	24.0	<.001

Note. $H_a \mu_{\text{Measure 1}} - \mu_{\text{Measure 2}} \neq 0$

Hasil uji paired samples t-test pada skor pretest dan posttest menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan secara statistik dengan nilai $t = -45.0$, derajat kebebasan (df) sebesar 24, dan $p < .001$. Nilai p yang jauh di bawah taraf signifikansi 0.05 mengindikasikan bahwa hipotesis nol (H_0), yang menyatakan tidak terdapat perbedaan antara skor sebelum dan sesudah intervensi, ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep abstrak siswa. Nilai t yang sangat besar secara absolut menandakan bahwa perbedaan yang terjadi bukan sekadar kebetulan, melainkan merupakan efek langsung dari intervensi pembelajaran yang diterapkan. Hasil ini secara kuat mendukung klaim bahwa model pembelajaran kolaboratif yang terintegrasi dengan konteks STEM mampu mendorong konstruksi pemahaman konseptual secara lebih efektif dibandingkan dengan pendekatan konvensional, khususnya dalam ranah pembelajaran abstrak di tingkat Sekolah Dasar.



Gambar 1. Plots Pretest - Posttest

Berdasarkan gambar 1 di atas, terlihat adanya peningkatan yang jelas dan konsisten antara skor pretest dan posttest. Nilai mean (rata-rata) dan median pada posttest secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan pretest, yang tercermin dari posisi titik dan kotak (indikator mean dan median) pada sumbu vertikal. Interval kepercayaan 95% (ditunjukkan oleh garis vertikal di sekitar titik mean) juga menunjukkan tidak adanya tumpang tindih antara pretest dan posttest, yang mengindikasikan bahwa perbedaan antara kedua pengukuran tersebut secara statistik signifikan. Visualisasi ini mendukung temuan sebelumnya dari analisis statistik bahwa pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa. Peningkatan yang stabil dan presisi dari mean dan median tersebut menunjukkan bahwa seluruh kelompok siswa mengalami perbaikan, bukan hanya sebagian kecil, yang menandakan keberhasilan intervensi secara menyeluruh dan merata di dalam kelas.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar. Peningkatan ini dibuktikan melalui hasil analisis paired sample t-test yang menunjukkan nilai $t = -45.0$ dengan $p < 0.001$, serta penguatan dari data deskriptif yang memperlihatkan kenaikan skor rata-rata dari 62.2 (pretest) menjadi 75.9 (posttest). Hasil tersebut mempertegas bahwa intervensi pembelajaran yang dilakukan berhasil membangun konstruksi pemahaman konseptual secara bermakna. Hal ini sejalan dengan teori Vygotsky yang menekankan bahwa interaksi sosial dan diskusi antar peserta didik mampu mendorong proses internalisasi konsep melalui zona perkembangan proksimal (Newman & Latifi, 2021). Dengan adanya kerja kelompok dalam kerangka kolaboratif, siswa tidak hanya mengandalkan proses kognitif individual, melainkan memperoleh pemahaman melalui pertukaran ide yang konstruktif. Dalam konteks STEM, pendekatan ini terbukti mampu menjembatani pemahaman dari pengalaman konkret menuju representasi abstrak yang lebih mendalam.

Implementasi pembelajaran STEM dalam skema kolaboratif memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep abstrak secara terstruktur dan bermakna. Kolaborasi dalam menyelesaikan tugas berbasis STEM memperkuat koneksi lintas disiplin dan memicu aktivitas metakognitif yang lebih tinggi. Penelitian Li et al., (2019) menunjukkan bahwa penerapan STEM dapat meningkatkan kemampuan konseptual siswa secara signifikan ketika diintegrasikan dalam aktivitas eksploratif yang menekankan kerja sama. Dalam penelitian ini, aktivitas yang melibatkan eksperimen sains sederhana, penerapan prinsip matematika dalam konteks nyata, dan integrasi teknologi terbukti mampu menciptakan lingkungan belajar yang partisipatif dan relevan. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemahaman konsep abstrak tidak cukup dibangun melalui pendekatan individual dan konvensional, tetapi lebih efektif jika dilatari oleh interaksi sosial yang kaya dan kolaboratif, sebagaimana dijalankan dalam pendekatan ini.

Selama proses intervensi, pembelajaran kolaboratif menciptakan ruang bagi siswa untuk mendefinisikan, mendiskusikan, dan memverifikasi konsep-konsep yang mereka hadapi. Kegiatan ini mendorong siswa untuk menyampaikan penalaran secara verbal, menerima masukan dari anggota kelompok, serta membandingkan strategi berpikir yang berbeda. Proses ini sangat relevan dengan teori Bruner yang menyatakan bahwa pemahaman terhadap konsep abstrak akan lebih optimal apabila siswa mampu melakukan transformasi representasi dari enaktif ke simbolik melalui keterlibatan aktif dalam pengalaman belajar (Sundari & Fauziati, 2021). Dalam konteks kelas, keberhasilan pendekatan ini tercermin dari temuan observasi dan hasil kuesioner yang menunjukkan tingginya keterlibatan siswa dalam diskusi kelompok, serta kemampuan mereka dalam menjelaskan konsep menggunakan bahasa sendiri. Hal ini memperlihatkan bahwa model pembelajaran kolaboratif tidak hanya meningkatkan performa kognitif siswa, tetapi juga membangun kepercayaan diri dalam mengekspresikan pemahaman secara terbuka.

Lebih lanjut, hasil peningkatan skor posttest yang merata pada semua indikator pemahaman abstrak, seperti interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan eksplanasi, menunjukkan bahwa pendekatan ini berdampak menyeluruh

terhadap struktur berpikir siswa. Model Collaborative Learning berbasis STEM mendorong terjadinya proses belajar yang tidak linier, namun bersifat reflektif dan dinamis, memungkinkan siswa untuk merevisi pemahaman sebelumnya melalui dialog dan pembuktian bersama. Penelitian Astutik et al., (2020) juga mendukung bahwa keterlibatan siswa dalam diskusi kolaboratif mampu mengaktivasi keterampilan berpikir kritis dan logis, yang menjadi prasyarat penting dalam memahami konsep abstrak. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan pemberian peran dan tanggung jawab dalam kelompok, siswa mampu mengonstruksi pengetahuan secara mandiri namun tetap dalam bimbingan sosial, menciptakan keseimbangan antara kognisi individu dan interaksi kolektif.

Kesimpulan penelitian yang dilakukan bahwa pembelajaran dengan pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM merupakan strategi yang efektif dalam mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep abstrak, khususnya pada mata pelajaran matematika dan sains di jenjang Sekolah Dasar. Penelitian ini membuktikan bahwa pemahaman konsep yang awalnya dianggap kompleks oleh siswa dapat difasilitasi secara optimal melalui lingkungan belajar yang interaktif, eksploratif, dan saling mendukung. Dengan mengintegrasikan dimensi sosial dan kognitif dalam pembelajaran, pendekatan ini tidak hanya memberikan penguatan terhadap aspek pengetahuan deklaratif, tetapi juga membentuk fondasi berpikir konseptual jangka panjang yang kontekstual dan aplikatif. Temuan ini memperkuat pentingnya reorientasi strategi pembelajaran di tingkat dasar agar lebih kolaboratif, berbasis integrasi disiplin, serta mampu menstimulus kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dibutuhkan di era pendidikan abad ke-21.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif dan kualitatif, dapat disimpulkan bahwa pendekatan Collaborative Learning berbasis STEM terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa Sekolah Dasar. Peningkatan rerata skor dari 62.2 (pretest) menjadi 75.9 (posttest), yang didukung oleh hasil uji statistik paired sample t-test dengan nilai $t = -45.0$ dan $p < 0.001$, menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran memberikan dampak yang signifikan terhadap pemahaman konseptual siswa. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran kolaboratif yang terintegrasi dengan konteks STEM mampu menjembatani kesenjangan kognitif siswa dalam memahami konsep-konsep yang bersifat simbolik, tidak kasat mata, dan kompleks secara abstrak, seperti yang lazim ditemukan dalam materi sains dan matematika. Selain itu, data dari observasi dan kuesioner keterlibatan siswa memperkuat temuan tersebut, di mana siswa menunjukkan peningkatan partisipasi aktif, kemampuan menjelaskan gagasan secara logis, serta respons positif terhadap pembelajaran berbasis kelompok. Model ini terbukti tidak hanya memperkuat aspek kognitif, tetapi juga menumbuhkan keterampilan sosial, komunikasi, dan kerja sama yang menjadi fondasi penting dalam pembelajaran abad ke-21. Dengan demikian, implementasi Collaborative Learning berbasis STEM dapat direkomendasikan sebagai pendekatan pedagogis yang relevan untuk memfasilitasi pembelajaran konsep abstrak secara lebih bermakna, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan potensi berpikir tingkat tinggi siswa di jenjang pendidikan dasar.

REFERENSI

- Aini, P. N., Hariyani, S., & Suwanti, V. (2020). Analisis Pemahaman Konsep Matematika Ditinjau Dari Gaya Belajar Siswa Menurut Teori Honey Mumfor. *JP2M (Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika)*. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v6i2.1746>
- Alawiya, T., Dinar, M., & Asdar, A. (2022). Deskripsi Pemahaman Konseptual dan Prosedural pada Materi Persamaan Garis Lurus ditinjau dari Kecerdasan Logis Matematis Siswa. *Issues in Mathematics Education (IMED)*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.35580/imed32210>
- Astutik, S., Susantini, E., Madlazim, M., Nur, M., & Supeno, S. (2020). The Effectiveness of Collaborative Creativity Learning Models (CCL) on Secondary Schools Scientific Creativity Skills. *International Journal of Instruction*, 13(3), 525–538. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13336a>
- Firdaus, S., & Hamdu, G. (2020). Pengembangan Mobile Learning Video Pembelajaran Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering And Mathematics) Di Sekolah Dasar. *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, 7(2), 66–75. <https://doi.org/10.17977/um031v7i22020p066>
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. In *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>
- Hariyono, H. (2023). Penggunaan Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran Ekonomi: Inovasi untuk Meningkatkan Keterlibatan dan Pemahaman Siswa. *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(11), 9040–9050. <https://doi.org/10.54371/jljp.v6i11.2894>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). Design and Design Thinking in STEM Education. In *Journal for STEM Education Research*. <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00020-z>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Meijer, H., Hoekstra, R., Brouwer, J., & Strijbos, J. W. (2020). Unfolding collaborative learning assessment literacy: a

- reflection on current assessment methods in higher education. *Assessment and Evaluation in Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/02602938.2020.1729696>
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Newman, S., & Latifi, A. (2021). Vygotsky, education, and teacher education. *Journal of Education for Teaching*, 47(1), 4–17. <https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1831375>
- Oswald, K., & Zhao, X. (2021). Collaborative Learning in Makerspaces: A Grounded Theory of the Role of Collaborative Learning in Makerspaces. *SAGE Open*. <https://doi.org/10.1177/21582440211020732>
- Peramunugamage, A., Ratnayake, U. W., & Karunanayaka, S. P. (2023). Systematic review on mobile collaborative learning for engineering education. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00223-1>
- Putri, C. K., & Juandi, D. (2023). Implementasi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dan Penalaran Matematis. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*. <https://doi.org/10.25273/jipm.v11i2.14720>
- Rikawati, K., & Sitinjak, D. (2020). Peningkatan Keaktifan Belajar Siswa dengan Penggunaan Metode Ceramah Interaktif. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 2(2), 40. <https://doi.org/10.21580/jec.2020.2.2.6059>
- Sundari, S., & Fauziati, E. (2021). Implikasi Teori Belajar Bruner dalam Model Pembelajaran Kurikulum 2013. *Jurnal Papeda: Jurnal Publikasi Pendidikan Dasar*. <https://doi.org/10.36232/jurnalpendidikandasar.v3i2.1206>
- van der Meer, N., van der Werf, V., Brinkman, W. P., & Specht, M. (2023). Virtual reality and collaborative learning: a systematic literature review. In *Frontiers in Virtual Reality*. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1159905>
- 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>