

Integrasi STEM dalam Modul Pembelajaran Matematika dan Dampaknya terhadap Argumentasi Matematis Siswa

Wartini^{1*}, Parhaini Andriani², Afifurrahman³

^{1*,2,3}Universitas Islam Negeri Mataram, Mataram, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Nov 12, 2025

Accepted Dec 18, 2025

Published Online Jan 19, 2026

Keywords:

STEM

Argumentasi Matematis

Modul

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa sekolah menengah pertama. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-eksperimental, yaitu *posttest only control group design*. Subjek penelitian terdiri atas 68 siswa kelas VII MTs Negeri 2 Lombok Tengah yang dibagi ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol melalui teknik purposive sampling. Kelompok eksperimen mengikuti pembelajaran menggunakan modul matematika berbasis STEM, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional. Data dikumpulkan menggunakan tes kemampuan argumentasi matematis dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif, uji prasyarat (normalitas dan homogenitas), serta uji hipotesis menggunakan independent sample t-test. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kemampuan argumentasi matematis siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Siswa yang belajar menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis STEM memiliki kemampuan argumentasi matematis yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran matematika yang terintegrasi melalui pendekatan STEM efektif dalam mendorong siswa untuk menyusun argumen matematis yang logis, terstruktur, dan berbasis alasan. Penelitian ini terbatas pada jumlah sampel dan konteks sekolah tertentu. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas dan desain penelitian yang lebih beragam. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi guru dan sekolah dalam mengembangkan bahan ajar inovatif berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan argumentasi matematis siswa. Penelitian ini memberikan bukti empiris mengenai efektivitas modul pembelajaran matematika berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan argumentasi matematis siswa.

This is an open access under the CC-BY-SA licence



Corresponding Author:

Wartini,

Universitas Islam Negeri Mataram, Mataram, Indonesia,

Jalan Pendidikan No. 35, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat (NTB), Indonesia

Email: 220103017.mhs@uinmataram.ac.id

How to cite: Wartini, W., Andriani, P., & Afifurrahman, A. (2026). Integrasi STEM dalam Modul Pembelajaran Matematika dan Dampaknya terhadap Argumentasi Matematis Siswa. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 6(1), 74–84.
<https://doi.org/10.51574/jrip.v6i1.4581>

Integrasi STEM dalam Modul Pembelajaran Matematika dan Dampaknya terhadap Argumentasi Matematis Siswa

1. Pendahuluan

Kemampuan argumentasi matematis merupakan salah satu kompetensi kognitif tingkat tinggi yang sangat penting dalam pembelajaran matematika modern (Stylianides & Stylianides, 2009; Yackel & Hanna, 2003). Argumentasi matematis tidak hanya menuntut siswa untuk memperoleh jawaban yang benar, tetapi juga untuk menjelaskan alasan, prosedur, dan dasar konseptual dari solusi yang diberikan secara logis dan sistematis (Hanna & de Villiers, 2012). Dalam konteks pendidikan abad ke-21, kemampuan ini berperan sebagai fondasi berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan berbasis bukti (OECD, 2018). Siswa yang memiliki kemampuan argumentasi matematis yang baik cenderung lebih mampu menghubungkan konsep, merefleksikan proses berpikir, serta mengevaluasi keabsahan suatu pernyataan matematis (Inglis et al., 2007). Oleh karena itu, penguatan argumentasi matematis menjadi tuntutan penting dalam pembelajaran matematika yang berorientasi pada pengembangan kompetensi berpikir tingkat tinggi. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pengembangan kemampuan ini belum sepenuhnya terfasilitasi secara optimal dalam praktik pembelajaran matematika (Boero et al., 2010). Kondisi tersebut menuntut adanya kajian lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan argumentasi matematis siswa.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi matematis siswa pada jenjang pendidikan menengah masih berada pada kategori rendah hingga sedang (Knipping & Reid, 2019; Weber et al., 2020). Siswa sering kali mampu menyelesaikan soal secara prosedural, tetapi mengalami kesulitan ketika diminta untuk mengemukakan alasan atau justifikasi atas langkah penyelesaian yang digunakan (Selden & Selden, 2003). Kelemahan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran matematika masih berfokus pada hasil akhir, bukan pada proses penalaran dan pembuktian (Harel & Sowder, 2007). Selain itu, pola pembelajaran yang bersifat *teacher-centered* dan menekankan hafalan rumus turut memperkuat lemahnya keterampilan argumentatif siswa (Lithner, 2008). Akibatnya, siswa kurang terlatih dalam mengonstruksi, menyampaikan, dan mempertahankan argumen matematis secara logis. Kondisi ini berpotensi menghambat perkembangan kemampuan berpikir kritis dan reflektif yang seharusnya menjadi tujuan utama pembelajaran matematika (Stylianou et al., 2016). Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menggeser fokus dari sekadar perolehan jawaban menuju penguatan proses argumentasi matematis.

Salah satu faktor kunci yang memengaruhi kualitas argumentasi matematis siswa adalah bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran (Remillard, 2005). Bahan ajar yang bersifat konvensional umumnya hanya menyajikan konsep dan latihan soal tanpa memberikan ruang yang cukup bagi siswa untuk mengeksplorasi, berdiskusi, dan membangun argumen (Pepin et al., 2013). Akibatnya, siswa cenderung pasif dan bergantung pada penjelasan guru sebagai satu-satunya sumber kebenaran matematis. Sebaliknya, bahan ajar yang dirancang secara kontekstual dan menantang dapat mendorong siswa untuk berpikir lebih mendalam serta mengaitkan konsep matematika dengan situasi nyata (Stein et al., 2008). Dengan demikian, pemilihan dan pengembangan bahan ajar yang tepat menjadi elemen strategis dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika. Bahan ajar ideal seharusnya mampu menstimulasi aktivitas berpikir, penalaran, dan komunikasi matematis siswa secara seimbang (Stylianides, 2018). Hal inilah yang mendorong perlunya inovasi bahan ajar yang lebih relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) muncul sebagai salah satu pendekatan pembelajaran yang dinilai mampu menjawab tantangan tersebut (Bybee, 2013). Pendekatan ini menekankan integrasi lintas disiplin ilmu serta penerapan konsep

matematika dalam konteks dunia nyata (English, 2016). Melalui pendekatan STEM, siswa didorong untuk memecahkan masalah autentik, melakukan eksplorasi, dan mengembangkan solusi berbasis penalaran logis (Kelley & Knowles, 2016). Aktivitas tersebut secara alami menuntut siswa untuk mengemukakan argumen, memberikan justifikasi, serta mengevaluasi solusi yang dihasilkan (Osborne et al., 2016). Selain itu, pembelajaran berbasis STEM memberikan ruang bagi kolaborasi dan diskusi, yang merupakan elemen penting dalam pengembangan argumentasi matematis (Mercier & Howe, 2012). Dengan karakteristik tersebut, STEM memiliki potensi besar untuk memperkuat kemampuan argumentasi matematis siswa secara sistematis. Oleh karena itu, pendekatan STEM layak dipertimbangkan sebagai dasar pengembangan bahan ajar matematika yang inovatif.

Dalam konteks implementasi pembelajaran, modul pembelajaran berbasis STEM dipandang sebagai media yang efektif untuk mendukung pendekatan tersebut (Capraro et al., 2013). Modul pembelajaran memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri maupun kolaboratif dengan alur pembelajaran yang terstruktur dan tujuan yang jelas (de Jong et al., 2014). Modul berbasis STEM dirancang tidak hanya untuk menyampaikan materi, tetapi juga untuk memfasilitasi proses berpikir, eksplorasi, dan refleksi siswa (English & King, 2019). Di dalamnya, siswa dihadapkan pada permasalahan kontekstual yang menuntut penalaran dan argumentasi matematis. Dengan demikian, modul STEM berpotensi menjadi sarana strategis dalam menumbuhkan kemampuan argumentasi matematis secara berkelanjutan. Namun, efektivitas modul pembelajaran berbasis STEM perlu dibuktikan melalui kajian empiris yang sistematis. Hal ini penting untuk memastikan bahwa penggunaan modul tersebut benar-benar memberikan dampak signifikan terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa.

Sejumlah penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa pendekatan STEM berkontribusi positif terhadap berbagai aspek kemampuan matematis siswa, termasuk pemecahan masalah dan literasi matematis (Becker & Park, 2011; Li et al., 2020). Meskipun demikian, kajian yang secara khusus menelaah pengaruh modul pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis masih relatif terbatas (English, 2023). Sebagian penelitian lebih menekankan pada model pembelajaran atau pendekatan secara umum, bukan pada peran bahan ajar dalam bentuk modul. Selain itu, perbedaan konteks pendidikan dan karakteristik siswa menuntut adanya penelitian yang lebih spesifik dan kontekstual (Marginson et al., 2013). Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara eksplisit mengkaji hubungan antara penggunaan modul STEM dan kemampuan argumentasi matematis siswa. Kajian semacam ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan pembelajaran matematika yang berorientasi pada penguatan penalaran dan argumentasi. Dengan demikian, celah penelitian (research gap) yang ada menjadi dasar penting bagi dilakukannya penelitian ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji pengaruh penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa. Penelitian ini berangkat dari asumsi bahwa pembelajaran yang terintegrasi, kontekstual, dan menuntut penalaran akan berdampak positif terhadap kualitas argumentasi matematis siswa (Stylianides & Harel, 2018). Dengan menggunakan desain eksperimen semu, penelitian ini diharapkan mampu memberikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas modul STEM dalam pembelajaran matematika. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkaya khazanah keilmuan dalam bidang pendidikan matematika, tetapi juga memberikan implikasi praktis bagi guru dan pengambil kebijakan pendidikan. Secara khusus, temuan penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan bahan ajar yang lebih inovatif dan berorientasi pada penguatan kompetensi berpikir tingkat tinggi. Dengan demikian, penelitian ini menempati posisi strategis dalam upaya peningkatan kualitas pembelajaran matematika di sekolah. Atas dasar pemikiran tersebut, kajian ini dipandang relevan dan penting untuk dilakukan.

2. Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *quasi-eksperimental*, karena peneliti tidak memiliki kewenangan untuk melakukan pengacakan subjek secara penuh ke dalam kelompok eksperimen dan kontrol. Desain yang digunakan adalah posttest *only control group design*, yang melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang memperoleh perlakuan berupa penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM dan kelompok kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional. Desain ini dipilih karena bertujuan untuk menguji pengaruh perlakuan secara langsung melalui perbandingan hasil belajar akhir antara kedua kelompok. Selain itu, desain ini dinilai efektif untuk meminimalkan pengaruh testing effect yang sering muncul pada desain *pretest-posttest*. Dengan asumsi bahwa karakteristik awal kedua kelompok relatif setara, perbedaan skor posttest dapat diatribusikan pada perlakuan yang diberikan. Oleh karena itu, desain *posttest only control group* dianggap tepat untuk mencapai tujuan penelitian ini.

Subjek Penelitian, Populasi, dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas VII MTs Negeri 2 Lombok Tengah pada tahun ajaran 2025/2026 yang berjumlah 239 siswa dan tersebar dalam tujuh kelas. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas, yaitu kelas VIIA dan kelas VIIB, yang masing-masing berjumlah 34 siswa. Kelas VIIA ditetapkan sebagai kelompok eksperimen, sedangkan kelas VIIB sebagai kelompok kontrol. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, dengan pertimbangan kesetaraan kemampuan akademik siswa berdasarkan rekomendasi guru mata pelajaran dan hasil evaluasi pembelajaran sebelumnya. Secara demografis, subjek penelitian berada pada rentang usia 12-13 tahun dengan latar belakang akademik dan sosial yang relatif homogen. Pemilihan sampel ini bertujuan untuk mengurangi bias seleksi dan menjaga validitas internal penelitian.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas tes kemampuan argumentasi matematis dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Tes kemampuan argumentasi matematis berbentuk soal uraian yang dirancang untuk mengukur kemampuan siswa dalam menyusun klaim, memberikan alasan, serta menyajikan justifikasi matematis secara logis dan sistematis. Sebelum digunakan, instrumen tes divalidasi oleh dua ahli, yaitu seorang dosen pendidikan matematika dan seorang guru matematika, untuk memastikan validitas isi dan kesesuaian dengan indikator kemampuan argumentasi matematis. Lembar observasi digunakan untuk memastikan bahwa pembelajaran berbasis modul STEM dilaksanakan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Penggunaan dua instrumen ini bertujuan untuk memperoleh data kuantitatif yang akurat serta menjamin keterlaksanaan perlakuan secara konsisten.

Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap yang sistematis. Tahap pertama adalah persiapan, yang meliputi penyusunan modul pembelajaran matematika berbasis STEM, pengembangan instrumen penelitian, serta validasi instrumen oleh ahli. Tahap kedua adalah pelaksanaan pembelajaran, di mana kelompok eksperimen mengikuti pembelajaran menggunakan modul STEM, sementara kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional dengan metode ceramah dan latihan soal. Proses pembelajaran berlangsung selama dua pertemuan dengan materi yang sama, yaitu sifat-sifat segiempat serta luas dan keliling segiempat. Selama pembelajaran, dilakukan observasi untuk memastikan keterlaksanaan perlakuan. Tahap ketiga adalah pemberian posttest kepada kedua kelompok setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan. Data hasil posttest kemudian dikumpulkan untuk dianalisis lebih lanjut.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara bertahap menggunakan bantuan perangkat lunak statistic (*IBM SPSS Statistics 25*). Tahap pertama adalah analisis deskriptif untuk memperoleh gambaran umum data, meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi. Tahap kedua adalah uji prasyarat analisis yang terdiri atas uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas varians menggunakan uji *Levene's*. Uji prasyarat ini dilakukan untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi statistik parametrik. Setelah asumsi terpenuhi, tahap selanjutnya adalah uji hipotesis menggunakan independent sample t-test untuk mengetahui perbedaan rata-rata kemampuan argumentasi matematis antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 0,05. Selain itu, analisis juga dilengkapi dengan perhitungan *effect size* untuk mengetahui besarnya pengaruh penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa. Teknik analisis ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian dan desain eksperimen yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil analisis data yang diperoleh untuk menjawab tujuan penelitian, yaitu menguji pengaruh penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari statistik deskriptif, uji prasyarat analisis, hingga uji hipotesis inferensial. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak IBM SPSS Statistics.

Hasil statistik deskriptif kemampuan argumentasi matematis siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang cukup mencolok antara kedua kelompok. Kelas eksperimen yang memperoleh perlakuan pembelajaran menggunakan modul matematika berbasis STEM memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional. Nilai rata-rata kelas eksperimen tercatat sebesar 76,29, sedangkan kelas kontrol memiliki nilai rata-rata sebesar 60,00. Selain itu, nilai maksimum dan minimum kelas eksperimen juga lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, yang mengindikasikan capaian belajar yang lebih baik secara keseluruhan. Perbedaan ini memberikan indikasi awal bahwa penggunaan modul STEM berpotensi meningkatkan kemampuan argumentasi matematis siswa. Namun demikian, perbedaan rata-rata tersebut perlu diuji lebih lanjut melalui analisis statistik inferensial untuk memastikan signifikansinya.

Tabel 1. Data Postest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Karakteristik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Nilai Minimum	53	40
Nilai Maksimum	93	80
Mean	76,29	60,00
Variance	92,456	147,273
Std. Deviation	9,615	12,136
Jumlah Siswa	34	34

Sebelum dilakukan uji hipotesis, data terlebih dahulu diuji untuk memenuhi asumsi analisis statistik parametrik. Uji normalitas data dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, dengan hasil yang disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut, nilai signifikansi (sig.) untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol masing-masing lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data kemampuan argumentasi matematis pada kedua kelompok berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas, data layak dianalisis menggunakan uji parametrik.

Tabel 2. Uji Normalitas

Hasil	Kelas	Kolmorov Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	sig	Statistic	df	sig
Tes							
Arumentasi	Eksperimen	.179	34	.007	.949	34	.116
Matematis							
Kontrol		.135	34	.121	.941	34	.074

Selanjutnya, uji homogenitas varians dilakukan menggunakan uji Levene's, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data antara kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat homogen. Terpenuhinya asumsi homogenitas ini mengindikasikan bahwa kedua kelompok memiliki karakteristik varians yang relatif sama, sehingga perbandingan rata-rata antar kelompok dapat dilakukan secara valid. Dengan demikian, seluruh prasyarat analisis statistik telah terpenuhi dan data dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan uji hipotesis.

Tabel 3. Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df1	df2	sig
Argumentasi	Based on Mean	1,623	1	66	.207
Matematis	Based on Median	1,635	1	66	.206
Siswa	and with adjusted df	1,635	1	65,994	.125
	Based on trimmed mean	1,638	1	66	.103

Uji hipotesis dilakukan menggunakan *independent sample t-test* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan argumentasi matematis siswa yang belajar menggunakan modul matematika berbasis STEM dan siswa yang belajar dengan pembelajaran konvensional. Hasil uji t disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut, diperoleh nilai t sebesar 6,136 dengan nilai signifikansi (*sig. 2-tailed*) sebesar 0,000. Nilai signifikansi ini lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditetapkan ($\alpha = 0,05$), sehingga hipotesis nol ditolak.

Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kemampuan argumentasi matematis siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan kata lain, penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan argumentasi matematis siswa. Selain itu, selisih rata-rata yang cukup besar antara kedua kelompok menunjukkan bahwa pengaruh tersebut tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara pedagogis. Dengan demikian, hasil analisis ini mengonfirmasi bahwa pembelajaran matematika yang dirancang secara terintegrasi melalui pendekatan STEM mampu mendorong siswa untuk menyusun argumen matematis yang lebih logis, sistematis, dan berbasis alasan.

Tabel 4. Uji t

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
	F	sig.	t	df	sig.(2- tailed)	Mean Differ- ence	std.Ero- r Differ- ence	lower	upper	
Kemampuan Argumentasi Matematis Siswa	Equal Variances assumed	1,623	.207	6,136	66	.000	16,294	2,655	10,993	21,596
	Equal Variances not assumed			6,136	62,721	.000	16,294	2,655	10,987	21,601

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa. Temuan ini mengindikasikan bahwa siswa yang belajar melalui pendekatan STEM mampu membangun argumen matematis yang lebih logis, terstruktur, dan berbasis alasan dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional, sejalan dengan temuan Stylianides dan Stylianides (2009) serta Inglis et al. (2007). Perbedaan capaian tersebut tidak hanya terlihat secara statistik, tetapi juga mencerminkan perbedaan kualitas proses berpikir siswa dalam menyelesaikan permasalahan matematika. Hal ini memperkuat pandangan bahwa kemampuan argumentasi matematis tidak berkembang secara optimal melalui pembelajaran yang berfokus pada prosedur semata, melainkan memerlukan lingkungan belajar yang menstimulasi penalaran dan justifikasi (Harel & Sowder, 2007). Dengan demikian, modul STEM berperan sebagai sarana yang memfasilitasi keterlibatan kognitif siswa secara lebih mendalam. Temuan ini relevan dengan tujuan pembelajaran matematika modern yang menekankan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan penalaran matematis (OECD, 2018).

Keunggulan modul pembelajaran berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan argumentasi matematis dapat dijelaskan melalui karakteristik pembelajarannya yang kontekstual dan integratif. Dalam pembelajaran STEM, siswa dihadapkan pada permasalahan yang menuntut pemahaman konsep, penerapan pengetahuan lintas disiplin, serta pengambilan keputusan berbasis alasan yang logis (English, 2016; Kelley & Knowles, 2016). Proses ini secara alami mendorong siswa untuk mengemukakan klaim, menyusun alasan, dan memberikan justifikasi terhadap solusi yang mereka ajukan. Aktivitas diskusi dan presentasi yang terintegrasi dalam modul STEM juga memberikan ruang bagi siswa untuk menguji dan merevisi argumen mereka melalui interaksi sosial (Mercier & Howe, 2012). Kondisi ini sejalan dengan pandangan konstruktivis yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui proses negosiasi makna dan refleksi. Oleh karena itu, pembelajaran berbasis STEM menyediakan konteks yang kondusif bagi pengembangan argumentasi matematis siswa secara berkelanjutan (Osborne et al., 2016).

Sebaliknya, pembelajaran konvensional yang diterapkan pada kelas kontrol cenderung membatasi kesempatan siswa untuk mengembangkan argumentasi matematis secara mendalam. Fokus pembelajaran yang lebih menekankan pada penyampaian materi dan penyelesaian soal rutin menyebabkan siswa terbiasa mengikuti prosedur tanpa memahami dasar konseptualnya (Lithner, 2008). Akibatnya, ketika diminta untuk menjelaskan alasan atau justifikasi, siswa mengalami kesulitan dalam mengartikulasikan proses berpikir mereka, sebagaimana dilaporkan

oleh Selden dan Selden (2003). Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan siswa dalam memperoleh jawaban yang benar tidak selalu diikuti oleh kemampuan untuk mempertanggungjawabkan jawaban tersebut secara matematis. Kondisi tersebut memperkuat argumen bahwa pendekatan pembelajaran tradisional kurang efektif dalam menumbuhkan kemampuan argumentasi matematis (Stylianou et al., 2016). Oleh karena itu, inovasi pembelajaran yang berorientasi pada proses berpikir menjadi kebutuhan yang mendesak dalam pendidikan matematika.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa pendekatan STEM berkontribusi positif terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi matematis (Becker & Park, 2011; Li et al., 2020). Argumentasi matematis sebagai bagian dari kemampuan berpikir tingkat tinggi berkembang ketika siswa terlibat dalam aktivitas yang menuntut analisis, evaluasi, dan justifikasi (Stylianides, 2018). Modul STEM menyediakan struktur pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk mengaitkan konsep matematika dengan fenomena nyata, sehingga argumen yang dibangun tidak bersifat abstrak semata, tetapi berlandaskan konteks yang bermakna (English & King, 2019). Dengan demikian, pembelajaran STEM tidak hanya meningkatkan hasil belajar secara kuantitatif, tetapi juga kualitas penalaran matematis siswa. Temuan ini memperkuat bukti empiris bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran matematika memiliki potensi besar untuk meningkatkan kompetensi kognitif siswa.

Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan modul pembelajaran sebagai bahan ajar memiliki peran penting dalam menjembatani pendekatan STEM dengan praktik pembelajaran di kelas. Modul yang dirancang secara sistematis membantu guru dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM secara konsisten, sekaligus memberikan panduan yang jelas bagi siswa dalam proses belajar (Capraro et al., 2013). Keberadaan modul memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri maupun kolaboratif, serta merefleksikan proses berpikir mereka selama pembelajaran (de Jong et al., 2014). Hal ini berkontribusi pada terbentuknya kebiasaan berpikir argumentatif yang tidak hanya muncul saat evaluasi, tetapi juga selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan demikian, modul pembelajaran berbasis STEM tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga sebagai alat pengembangan kemampuan argumentasi matematis.

Meskipun penelitian ini menunjukkan hasil yang positif, beberapa keterbatasan perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan temuan. Penelitian ini menggunakan desain quasi-eksperimental dengan jumlah sampel yang terbatas pada dua kelas, sehingga generalisasi hasil penelitian perlu dilakukan secara hati-hati (Shadish et al., 2002). Selain itu, pengukuran kemampuan argumentasi matematis dilakukan melalui satu jenis instrumen tes, sehingga dimungkinkan adanya aspek argumentasi lain yang belum sepenuhnya terungkap. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas, menggunakan desain eksperimen yang lebih kompleks, serta mengombinasikan data kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh pembelajaran STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa modul pembelajaran matematika berbasis STEM merupakan alternatif bahan ajar yang efektif dalam meningkatkan kemampuan argumentasi matematis siswa. Temuan penelitian ini memberikan implikasi teoretis dan praktis bagi pengembangan pembelajaran matematika yang berorientasi pada penguatan penalaran dan argumentasi. Bagi praktisi pendidikan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam merancang pembelajaran yang lebih inovatif dan bermakna. Bagi peneliti, temuan ini membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut terkait integrasi STEM dan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada upaya peningkatan kualitas pembelajaran matematika dalam konteks pendidikan modern.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan argumentasi matematis siswa yang belajar menggunakan modul STEM dan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Siswa pada kelas eksperimen menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menyusun argumen matematis yang logis, terstruktur, dan berbasis alasan. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran matematika yang terintegrasi melalui pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan kualitas penalaran dan argumentasi matematis siswa. Dengan demikian, tujuan penelitian telah tercapai dan modul pembelajaran matematika berbasis STEM terbukti memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan argumentasi matematis siswa.

Berdasarkan hasil penelitian, guru matematika disarankan untuk memanfaatkan modul pembelajaran berbasis STEM sebagai alternatif bahan ajar dalam rangka meningkatkan kemampuan argumentasi matematis siswa. Sekolah dan pengambil kebijakan pendidikan diharapkan dapat mendukung penerapan pembelajaran berbasis STEM melalui penyediaan sumber belajar dan pelatihan guru. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas, menggunakan desain eksperimen yang lebih beragam, serta mengombinasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh pembelajaran STEM terhadap kemampuan argumentasi matematis.

5. Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

6. Kontribusi Penulis

W berkontribusi dalam konseptualisasi penelitian, perancangan dan pelaksanaan intervensi pembelajaran, pengumpulan serta analisis data, dan penulisan draf awal artikel (40%). P. A. berperan dalam perancangan metodologi penelitian, supervisi pelaksanaan penelitian, validasi instrumen, serta revisi substansi artikel secara kritis (25%). A. memberikan kontribusi pada penguatan landasan teoretis, pengembangan kerangka konseptual penelitian, serta telaah kritis terhadap hasil dan pembahasan penelitian (35%).

7. Pernyataan Ketersediaan Data

Para penulis menegaskan bahwa atas permintaan yang wajar, penulis koresponden, [W], akan menyediakan data yang mendukung temuan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Becker, K., & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(5-6), 23-37.
- Boero, P., Douek, N., Morselli, F., & Pedemonte, B. (2010). Argumentation and proof: A contribution to theoretical perspectives and their classroom implementation. *Educational Studies in Mathematics*, 74(2), 185-202. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9246-5>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2014). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.

- <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D. (2023). Advancing STEM education through argumentation and modeling. *International Journal of STEM Education*, 10(12), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00395-2>
- English, L. D., & King, D. (2019). STEM integration in primary education: Challenges and ways forward. *Education Sciences*, 9(3), 204. <https://doi.org/10.3390/educsci9030204>
- Hanna, G., & de Villiers, M. (2012). *Proof and proving in mathematics education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2129-6>
- Harel, G., & Sowder, L. (2007). Toward comprehensive perspectives on the learning and teaching of proof. In F. K. Lester Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 805-842). Information Age Publishing.
- Inglis, M., Mejía-Ramos, J. P., & Simpson, A. (2007). Modelling mathematical argumentation: The importance of proof. *Educational Studies in Mathematics*, 66(3), 315-336. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9059-2>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Knipping, C., & Reid, D. (2019). Argumentation in mathematics education: Perspectives and prospects. *Mathematical Thinking and Learning*, 21(2), 89-101. <https://doi.org/10.1080/10986065.2019.1564964>
- 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(11), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Lithner, J. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 67(3), 255-276. <https://doi.org/10.1007/s10649-007-9104-2>
- Marginsion, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons*. Australian Council of Learned Academies.
- Mercier, H., & Howe, C. (2012). Explaining the argumentative turn in education. *Educational Psychology Review*, 24(3), 471-491. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9199-7>
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2016). Learning to argue scientifically: A research synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(4), 518-547. <https://doi.org/10.1002/tea.21257>
- Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: A collective perspective on resources, their use and transformation. *ZDM Mathematics Education*, 45(7), 929-943. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0534-2>
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246. <https://doi.org/10.3102/00346543075002211>
- Selden, A., & Selden, J. (2003). Validations of proofs considered as texts. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(1), 4-36. <https://doi.org/10.2307/30034754>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S., & Hughes, E. K. (2008). Orchestrating productive mathematical discussions. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 14(1), 28-34.
- Stylianides, A. J. (2018). The role of reasoning-and-proving in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 98(1), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9818-9>

- Stylianides, A. J., & Harel, G. (2018). Advances in mathematics education research on proof and proving. *ZDM Mathematics Education*, 50(1-2), 1-4. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0929-6>
- Stylianides, A. J., & Stylianides, G. J. (2009). Proof constructions and evaluations. *Educational Studies in Mathematics*, 72(2), 237-253. <https://doi.org/10.1007/s10649-009-9191-3>
- Stylianou, D. A., Blanton, M. L., & Rotou, O. (2016). Undergraduate students' understanding of proof. *Journal of Mathematical Behavior*, 43, 142-162. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.06.001>
- Weber, K., Maher, C., Powell, A., & Lee, H. S. (2020). Learning opportunities from group discussions in mathematics classrooms. *Journal for Research in Mathematics Education*, 51(2), 199-224. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.51.2.0199>
- Yackel, E., & Hanna, G. (2003). Reasoning and proof. In J. Kilpatrick, W. G. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 227-236). National Council of Teachers of Mathematics.

Biografi Penulis

	<p>Wartini, Lahir di Montong Ara pada tgl 10 Juni 2002, Pendidikan Pertama di SDN Montong Ara dan tamat pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMPN 2 Kuripan, tamat pada tahun 2019. Selanjutnya melakukan pendidikan di SMAN 1 Jonggat, tamat pada tahun 2022. Dan sekarang sedang melanjutkan pendidikan fdi UIN Mataram dengan jurusan Tadris Matematika. Email: 220103017@mhsuinmataram.ac.id</p>
	<p>Dr. Hj. Parhaini Andriani,M.Pd.Si merupakan Dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Mataram. Saat ini melakukan riset yang berfokus pada pendidikan matematika, khususnya terkait kemampuan penalaran, kemandirian belajar. Email: Parhaini.andriani@uinmataram.ac.id</p>
	<p>Afifurrahman, M.Pd., Ph.D. Merupakan Dosen akultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Mataram. Risetnya lebih berokfus pada pemodelan matematika untuk teknik dan aplikasi fisik. Email: afif.rahaman@uinmataram.ac.id</p>