Pedagogy **p-ISSN: 2502-3802**
Volume 11 Nomor 4 **e-ISSN: 2502-3799**

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN MATEMATIKA ADAPTIF BERBASIS KECERDASAN BUATAN TERHADAP LITERASI NUMERASI SISWA MADRASAH ALIYAH

Anna Sulfianti[1], Nurqiyamah Hamid[2], Mutmainna Ekawati[3]
Program Studi Ekonomi Pembangunan[1], Program Studi Pendidikan Matematika[2], Program Studi Pendidikan Biologi[3], Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan[1,2,3], Institut Turatea Indonesia[1,2,3]
anna.sulfianti91@gmail.com[1], *qiyahamid@gmail.com*[2], *mutmainna.ekawati12@gmail.com*[3]

Abstrak

Literasi numerasi siswa Madrasah Aliyah memerlukan pembelajaran yang mampu mengakomodasi perbedaan kemampuan dan kebutuhan belajar siswa. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas pembelajaran matematika adaptif berbasis kecerdasan buatan terhadap literasi numerasi siswa Madrasah Aliyah. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen semu *pretest-posttest control group*. Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran adaptif berbasis AI yang didukung ChatGPT melalui penyesuaian materi, tingkat kesulitan latihan, dan umpan balik berdasarkan respons siswa, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional. Data awal mencakup 24 siswa, masing-masing 12 siswa per kelompok, sedangkan analisis utama menggunakan 16 siswa dengan data *pretest-posttest* lengkap. Hasil menunjukkan *N-gain* kelompok eksperimen sebesar 0,787 dan kelompok kontrol sebesar 0,684, dengan perbedaan yang signifikan ($t = 3{,}703$; $p = 0{,}0028$; $d = 1{,}851$). ANCOVA juga menunjukkan perbedaan signifikan setelah kemampuan awal dikendalikan, $F(1,13) = 9{,}606$; $p = 0{,}0085$; partial $\eta^2 = 0{,}425$, dengan rata-rata *posttest* tersesuaikan 84,84 pada kelompok eksperimen dan 78,66 pada kelompok kontrol. Meskipun perbedaan *posttest* dan *gain* mentah belum signifikan, hasil *N-gain* dan ANCOVA mengindikasikan bahwa dukungan adaptif melalui penyesuaian tingkat kesulitan dan umpan balik berpotensi mendukung peningkatan literasi numerasi. Disimpulkan bahwa pembelajaran matematika adaptif berbasis AI yang didukung ChatGPT lebih efektif daripada pembelajaran konvensional bagi siswa yang mengikuti rangkaian pembelajaran dan menyelesaikan *posttest*, dengan interpretasi terbatas pada karakteristik sampel penelitian.

Kata Kunci: Kecerdasan buatan, Literasi numerasi, Pembelajaran adaptif, ChatGPT, Madrasah aliyah

A. Pendahuluan

Literasi numerasi merupakan kemampuan menggunakan pengetahuan dan keterampilan matematika untuk memahami informasi kuantitatif, menafsirkan data,

serta mengambil keputusan dalam berbagai konteks kehidupan. Kemampuan ini tidak hanya berkaitan dengan penguasaan prosedur perhitungan, tetapi juga menuntut siswa untuk memahami masalah, menggunakan konsep matematika secara tepat, membaca berbagai bentuk representasi data, dan menafsirkan hasil sesuai dengan konteks permasalahan. Oleh karena itu, literasi numerasi menjadi salah satu kompetensi penting yang perlu dikembangkan melalui pembelajaran matematika. Hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa kemampuan matematika siswa Indonesia masih memerlukan perhatian, sehingga penguatan pembelajaran yang mampu mengembangkan kemampuan siswa dalam menggunakan matematika pada berbagai situasi tetap menjadi bagian penting dalam peningkatan kualitas pendidikan (OECD, 2023).

Salah satu tantangan dalam pembelajaran matematika adalah adanya perbedaan kemampuan awal, kecepatan belajar, dan kebutuhan belajar antarsiswa. Pembelajaran yang diberikan secara seragam belum tentu mampu memberikan dukungan yang sesuai bagi setiap siswa. Materi atau latihan yang sama dapat terlalu mudah bagi sebagian siswa, tetapi terlalu sulit bagi siswa lainnya. Berbagai inovasi telah dikembangkan untuk menciptakan pembelajaran matematika yang lebih aktif dan responsif terhadap kebutuhan siswa. Sulfianti et al. (2025), misalnya, menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran Quizizz dapat meningkatkan minat dan keaktifan siswa, sedangkan Husain et al. (2021) menunjukkan manfaat penerapan problem-based learning terhadap aktivitas dan hasil belajar matematika. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa inovasi media maupun pendekatan pembelajaran dapat memperkaya pengalaman belajar siswa. Namun, penggunaan teknologi digital atau pembelajaran aktif belum dengan sendirinya memungkinkan materi, tingkat kesulitan, dan umpan balik disesuaikan secara individual berdasarkan respons masing-masing siswa.

Perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) memberikan peluang untuk mengembangkan pembelajaran yang lebih adaptif terhadap perbedaan tersebut. Dalam pembelajaran adaptif, teknologi tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga dapat digunakan untuk memberikan dukungan berdasarkan kebutuhan belajar siswa. Kabudi et al. (2021), melalui pemetaan sistematis terhadap 147 penelitian, menunjukkan bahwa *AI-enabled*

adaptive learning systems berkembang karena kemampuannya dalam menyediakan konten pembelajaran dan menyesuaikan dukungan dengan kebutuhan individual peserta didik. Meskipun demikian, kajian tersebut juga menunjukkan bahwa banyak sistem dan kerangka pembelajaran adaptif berbasis AI masih berada pada tahap eksperimental dan belum sepenuhnya diuji atau diadopsi dalam lingkungan pendidikan nyata.

Pemanfaatan AI juga berkembang secara khusus dalam pendidikan matematika. Yoon dan Kwon (2024), melalui tinjauan sistematis terhadap penelitian menGenAI pembelajaran matematika berbasis AI, menunjukkan bahwa AI dapat menjalankan beragam peran dalam mendukung proses pembelajaran matematika. Kajian tersebut juga menempatkan guru sebagai bagian penting dalam pembelajaran berbasis AI. Dengan demikian, nilai pedagogis AI tidak semata-mata terletak pada kecanggihan teknologinya, tetapi juga pada bagaimana AI diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran untuk memberikan dukungan yang sesuai dengan kebutuhan siswa.

Bukti empiris menGenAI pemanfaatan AI adaptif dalam pembelajaran matematika juga terus berkembang. Kuo et al. (2026) mengintegrasikan *Taiwan Adaptive Learning Platform* dengan pendamping belajar berbasis AI generatif dalam pembelajaran pemecahan masalah matematika pada siswa sekolah dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dukungan AI yang terstruktur memberikan manfaat terhadap performa belajar, termasuk dalam pembelajaran remedial. Penelitian tersebut juga menemukan adanya pola interaksi yang berbeda pada siswa dengan tingkat kemampuan berbeda. Temuan ini menunjukkan potensi AI untuk memberikan dukungan pembelajaran yang lebih responsif terhadap heterogenitas kemampuan siswa.

Meskipun demikian, perkembangan penelitian tersebut belum sepenuhnya menjelaskan efektivitas pembelajaran matematika adaptif berbasis AI terhadap berbagai kompetensi matematika dan dalam berbagai konteks pendidikan. Kajian Kabudi et al. (2021) mencakup berbagai bentuk sistem pembelajaran adaptif berbasis AI dan menunjukkan bahwa sebagian pengembangannya masih berada pada tahap eksperimental. Sementara itu, Kuo et al. (2026) menguji pembelajaran pada siswa sekolah dasar dengan fokus pada performa pemecahan masalah

matematika. Dengan demikian, bukti yang diperoleh pada teknologi, jenjang pendidikan, dan outcome tertentu belum dapat langsung digunakan untuk menjelaskan efektivitas pembelajaran matematika adaptif berbasis AI terhadap literasi numerasi siswa pada jenjang pendidikan menengah.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terdapat keterbatasan bukti empiris yang secara khusus menjelaskan efektivitas pembelajaran matematika adaptif berbasis AI terhadap literasi numerasi siswa Madrasah Aliyah. Penelitian terdahulu telah menunjukkan perkembangan AI dan sistem pembelajaran adaptif serta manfaatnya pada berbagai aspek pembelajaran matematika. Namun, literasi numerasi tidak sepenuhnya identik dengan hasil belajar matematika atau kemampuan pemecahan masalah karena menekankan kemampuan menggunakan dan menafsirkan matematika dalam berbagai konteks. Oleh karena itu, efektivitas pembelajaran adaptif berbasis AI terhadap literasi numerasi perlu diuji secara langsung, khususnya dalam konteks Madrasah Aliyah yang masih terbatas dalam literatur yang dikaji.

Sebagai upaya menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan pembelajaran matematika adaptif berbasis kecerdasan buatan untuk mengakomodasi perbedaan kemampuan dan kebutuhan belajar siswa. Pembelajaran dirancang dengan menyesuaikan materi, tingkat kesulitan latihan, dan umpan balik berdasarkan respons siswa sehingga dukungan belajar yang diberikan tidak sepenuhnya seragam. Kebaruan penelitian ini tidak semata-mata terletak pada penggunaan AI dalam pembelajaran matematika karena pemanfaatan AI telah berkembang dalam penelitian sebelumnya, tetapi pada pengujian empiris pembelajaran matematika adaptif berbasis AI dengan literasi numerasi sebagai outcome utama pada siswa Madrasah Aliyah. Dengan demikian, penelitian ini memperluas bukti empiris pembelajaran adaptif berbasis AI dari konteks dan outcome yang telah dikaji sebelumnya menuju literasi numerasi dalam konteks pendidikan madrasah.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menguji efektivitas pembelajaran matematika adaptif berbasis kecerdasan buatan terhadap literasi numerasi siswa Madrasah Aliyah. Secara khusus, penelitian membandingkan peningkatan literasi numerasi siswa yang mengikuti pembelajaran matematika

adaptif berbasis AI dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional serta menguji pengaruh perlakuan setelah kemampuan awal siswa dikendalikan.

B. Metode Penelitian

Desain dan Subjek Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen semu (quasi-experimental) berupa *pretest-posttest control group* design (Creswell & Creswell, 2018). Penelitian dilaksanakan di MA Almurahamah Banyorang dengan melibatkan siswa kelas XI. Data awal penelitian terdiri atas 24 siswa, masing-masing 12 siswa pada kelompok eksperimen dan 12 siswa pada kelompok kontrol. Pemilhan sampel menggunakan sampling jenuh dimana semua populasi dijadikan sebagai sampel penelitian yang terdiri dari 2 kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kempokpok kontrol yang ditentukan secara acak.

Dari jumlah tersebut, 16 siswa memiliki pasangan data *pretest-posttest* lengkap, terdiri atas delapan siswa pada kelompok eksperimen dan delapan siswa pada kelompok kontrol. Delapan siswa lainnya memiliki pasangan skor 0–0 yang berdasarkan catatan pelaksanaan penelitian berkaitan dengan ketidakhadiran dalam rangkaian tes dan bukan merupakan capaian akademik. Oleh karena itu, analisis utama dilakukan terhadap 16 siswa yang memiliki pasangan data *pretest-posttest* lengkap.

Prosedur Penelitian

Penelitian difokuskan pada pembelajaran matematika materi statistika dan penyajian data. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama empat kali pertemuan dengan membandingkan kelompok eksperimen yang memperoleh pembelajaran matematika adaptif berbasis AI dan kelompok kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional. Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) studi pendahuluan dan analisis kebutuhan melalui kajian kurikulum, karakteristik siswa, dan kebutuhan pembelajaran numerasi; (2) penyusunan desain eksperimen, perangkat pembelajaran, dan instrumen *pretest-posttest* ; (3) validasi instrumen dan perangkat pembelajaran; (4) pengembangan dan uji coba terbatas pembelajaran adaptif berbasis AI; (5) pelaksanaan *pretest* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol; (6) implementasi pembelajaran

matematika adaptif berbasis AI dengan dukungan ChatGPT pada kelompok eksperimen dan pembelajaran konvensional pada kelompok kontrol; (7) pelaksanaan *posttest* pada kedua kelompok; serta (8) pengolahan, analisis, dan interpretasi data.

Pada kelompok eksperimen, pembelajaran memanfaatkan ChatGPT sebagai chatbot berbasis AI untuk mendukung pembelajaran adaptif melalui penyesuaian materi, tingkat kesulitan latihan, dan pemberian umpan balik berdasarkan respons siswa. Sementara itu, kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional pada materi yang sama.

Instrumen dan Teknik Analisis Data

Pada kelompok eksperimen, ChatGPT digunakan sebagai bagian dari perangkat pendukung pembelajaran adaptif. Instrumen utama pengumpulan data berupa tes literasi numerasi berbasis kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) yang diberikan sebelum dan setelah perlakuan. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tes, observasi, dan dokumentasi. Tes diberikan dalam bentuk *pretest* untuk memperoleh data kemampuan awal literasi numerasi dan *posttest* untuk memperoleh data literasi numerasi setelah perlakuan. Observasi digunakan untuk memperoleh informasi pendukung menGenAI pelaksanaan pembelajaran, sedangkan dokumentasi digunakan untuk melengkapi data selama kegiatan penelitian.

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif meliputi rata-rata, simpangan baku, *gain*, dan normalized *gain* (*N-gain*). *N-gain* digunakan untuk menggambarkan peningkatan relatif hasil belajar dengan mempertimbangkan skor maksimum yang masih mungkin dicapai dan diinterpretasikan mengacu pada konsep normalized *gain* dari Hake (1998).

Analisis inferensial meliputi uji normalitas dan homogenitas sebagai pemeriksaan asumsi, uji t berpasangan dan uji Wilcoxon untuk menganalisis perubahan skor dalam kelompok, serta uji perbedaan antarkelompok dan Mann–Whitney sebagai pemeriksaan nonparametrik. Selanjutnya, analisis kovarians (ANCOVA) digunakan untuk membandingkan skor *posttest* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan mengendalikan skor *pretest*. Taraf signifikansi ditetapkan sebesar 5% ($\alpha = 0{,}05$), sedangkan ukuran efek (effect size)

digunakan untuk memberikan informasi menGenAI besarnya pengaruh secara praktis.

Definisi Operasional Variabel

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran matematika adaptif berbasis AI, sedangkan variabel terikat adalah literasi numerasi siswa. Secara operasional, pembelajaran matematika adaptif berbasis AI didefinisikan sebagai pembelajaran yang memanfaatkan ChatGPT untuk mendukung penyesuaian materi, tingkat kesulitan latihan, dan pemberian umpan balik berdasarkan respons siswa selama proses pembelajaran. Literasi numerasi secara operasional didefinisikan sebagai kemampuan siswa yang diukur melalui skor tes literasi numerasi berbasis HOTS sebelum dan setelah perlakuan.

C. Hasil dan Pembahasan

Dari 24 siswa dalam data awal, sebanyak 16 siswa memiliki data *pretest-posttest* lengkap dan digunakan dalam analisis utama. Delapan pasangan skor 0–0 diperlakukan sebagai data tidak tersedia karena siswa tidak mengikuti rangkaian tes. Kondisi ini berkaitan dengan pola kehadiran sebagian siswa berstatus hafiz yang tidak mengikuti pembelajaran reguler secara aktif dan umumnya hadir ketika ujian semester. Jumlah data yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelengkapan data penelitian

Kelompok	Data awal	Data dianalisis	Data tidak lengkap
Eksperimen	12	8	4
Kontrol	12	8	4
Total	24	16	8

Rata-rata *pretest* kedua kelompok relatif berdekatan. Setelah pembelajaran, kelompok eksperimen memperoleh rata-rata *posttest*, *gain*, dan *N-gain* yang lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Hasil deskriptif secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif hasil penelitian

Variabel	Eksperimen Mean ± SD	Kontrol Mean ± SD	Selisih mean
Pretest	28,50 ± 18,73	31,75 ± 15,29	-3,25
Posttest	84,50 ± 7,05	79,00 ± 2,07	5,50
Gain	56,00 ± 14,82	47,25 ± 13,34	8,75
N-gain	0,787 ± 0,064	0,684 ± 0,046	0,103

N-gain kelompok eksperimen sebesar 0,787 termasuk kategori tinggi, sedangkan *N-gain* kelompok kontrol sebesar 0,684 termasuk kategori sedang. Secara deskriptif, hasil ini menunjukkan bahwa siswa pada kelompok eksperimen mencapai proporsi peningkatan yang lebih besar daripada siswa pada kelompok kontrol.

Distribusi *gain* pada kelompok eksperimen dan kontrol memenuhi asumsi normalitas, dengan nilai p masing-masing 0,126 dan 0,149. Varians *gain* kedua kelompok homogen berdasarkan uji Levene (p = 0,794). Uji Welch terhadap *pretest* menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan awal yang signifikan antara kedua kelompok, t(13,46) = -0,380, p = 0,710, dengan d = -0,190. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada skor awal antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Uji t berpasangan menunjukkan peningkatan skor yang signifikan pada kedua kelompok. Kelompok eksperimen memperoleh t(7) = 10,686, p < 0,001, dengan d_z = 3,778, sedangkan kelompok kontrol memperoleh t(7) = 10,019, p < 0,001, dengan d_z = 3,542. Uji Wilcoxon juga menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kedua kelompok, masing-masing p = 0,008. Temuan ini menunjukkan bahwa skor literasi numerasi meningkat secara signifikan setelah pembelajaran pada kedua kelompok.

Tabel 3. Perbandingan hasil kelas eksperimen dan kontrol

Perbandingan	Statistik uji	p	Ukuran efek	Keputusan
Posttest	t=2,117	0,066	d=1,058	Tidak signifikan
Gain	t=1,241	0,235	d=0,621	Tidak signifikan
N-gain	t=3,703	0,0028	d=1,851	Signifikan

Perbedaan *posttest* dan *gain* mentah belum mencapai taraf signifikansi 5%. Pada skor *posttest*, diperoleh p = 0,066 dengan ukuran efek d = 1,058, sedangkan pada *gain* diperoleh p = 0,235 dengan d = 0,621. Sebaliknya, *N-gain* kelompok eksperimen secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok kontrol (p = 0,0028), dengan ukuran efek d = 1,851. Hasil tersebut diperkuat oleh uji Mann–Whitney terhadap *N-gain* yang juga menunjukkan perbedaan signifikan (p = 0,0015).

Dengan demikian, hasil perbandingan antarkelompok menunjukkan pola yang berbeda menurut ukuran yang dianalisis. Perbedaan pada *posttest* dan *gain* mentah tidak mencapai signifikansi statistik, sedangkan perbedaan *N-gain* menunjukkan hasil yang signifikan.

Hasil Analisis Kovarians

ANCOVA digunakan untuk membandingkan skor *posttest* setelah kemampuan awal dikendalikan. Asumsi homogenitas kemiringan regresi terpenuhi karena interaksi antara *pretest* dan kelompok tidak signifikan (p = 0,327). Hasil ANCOVA menunjukkan adanya perbedaan skor *posttest* tersesuaikan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, $F(1,13) = 9,606$, $p = 0,0085$, dengan partial $\eta^2 = 0,425$. Model menjelaskan 59,1% variasi skor *posttest* ($R^2 = 0,591$).

Tabel 4. Ringkasan hasil ANCOVA

Indikator ANCOVA	Eksperimen	Kontrol/Selisih
Mean *posttest* tersesuaikan	84,84	78,66
Selisih tersesuaikan	-	6,17 poin
F(1,13); p; partial η^2	9,606	0,0085; 0,425

Setelah kemampuan awal diperhitungkan, rata-rata *posttest* tersesuaikan kelompok eksperimen sebesar 84,84, sedangkan kelompok kontrol sebesar 78,66, dengan selisih tersesuaikan sebesar 6,17 poin. Hasil ANCOVA menunjukkan bahwa perbedaan skor *posttest* tersesuaikan antara kedua kelompok signifikan secara statistik ($p = 0,0085$), dengan *partial* η^2 sebesar 0,425.

Pembahasan Temuan dan Keterbatasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan literasi numerasi setelah pembelajaran. Namun, kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi, dengan *N-gain* sebesar 0,787 dibandingkan 0,684 pada kelompok kontrol. Perbedaan *N-gain* tersebut signifikan

(p = 0,0028) dengan estimasi ukuran efek yang besar (d = 1,851), meskipun besarnya estimasi tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena ukuran sampel yang terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua bentuk pembelajaran sama-sama diikuti oleh peningkatan literasi numerasi, tetapi proporsi peningkatan pada kelompok eksperimen lebih tinggi.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan AI dalam pembelajaran berpotensi mendukung personalisasi, pembelajaran adaptif, pemberian umpan balik, dan pemecahan masalah (Zawacki-Richter et al., 2019; Turmuzi et al., 2026; Eti et al., 2026; Su et al., 2026). Zawacki-Richter et al. (2019) mengidentifikasi sistem adaptif dan personalisasi sebagai bagian penting dari penerapan AI dalam pendidikan. Meskipun kajian tersebut berfokus pada pendidikan tinggi, temuan tersebut memberikan landasan bahwa AI dapat digunakan untuk memberikan dukungan belajar yang lebih responsif terhadap kebutuhan peserta didik.

Dalam konteks pembelajaran matematika, Liu et al. (2026) menemukan bahwa generative artificial intelligence atau GenAI secara keseluruhan memberikan efek positif moderat terhadap hasil belajar matematika (g = 0,534). Namun, besarnya efek tidak seragam dan dipengaruhi antara lain oleh tingkat integrasi GenAI, ukuran sampel, dan materi pembelajaran. Temuan tersebut mendukung arah hasil penelitian ini, tetapi sekaligus menunjukkan bahwa efektivitas AI perlu dipahami berdasarkan konteks dan cara teknologi tersebut diintegrasikan ke dalam pembelajaran.

Hasil penelitian ini juga memiliki keterkaitan dengan penelitian tim sebelumnya. Sulfianti et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran inovatif dapat mendorong minat dan keaktifan siswa, sedangkan Husain et al. (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran aktif berbasis masalah dapat memperbaiki hasil belajar matematika. Penelitian ini memberikan bukti empiris tambahan dengan menempatkan AI sebagai pendukung proses adaptasi pembelajaran berdasarkan respons siswa. Dengan demikian, penggunaan teknologi tidak hanya diarahkan pada penyediaan media pembelajaran, tetapi juga pada pemberian dukungan belajar yang lebih responsif terhadap kebutuhan siswa.

Keunggulan kelompok eksperimen secara inferensial dapat dijelaskan melalui mekanisme adaptasi pembelajaran. Penyesuaian tingkat kesulitan memungkinkan

siswa memperoleh latihan yang lebih sesuai dengan kesiapan mereka, sedangkan umpan balik berdasarkan respons memberikan kesempatan untuk memperbaiki pemahaman secara lebih segera. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa AI dalam pembelajaran matematika dapat mendukung personalisasi, umpan balik langsung, tantangan adaptif, scaffolding, dan pembelajaran mandiri (Turmuzi et al., 2026; Eti et al., 2026; Su et al., 2026). Eti et al. (2026), misalnya, menunjukkan bahwa pembelajaran personal berbasis AI dapat mendukung pemecahan masalah matematika melalui umpan balik yang disesuaikan, tantangan adaptif, dan dukungan bertahap sesuai kebutuhan siswa.

Dalam penelitian ini, mekanisme adaptasi tersebut didukung oleh penggunaan ChatGPT sebagai chatbot berbasis AI. Turmuzi et al. (2026) menunjukkan bahwa ChatGPT dalam pendidikan matematika sekolah berpotensi memberikan umpan balik langsung, dukungan personal, dan bantuan terhadap pembelajaran mandiri, sedangkan Su et al. (2026) menunjukkan potensinya dalam mendukung pemecahan masalah, pengembangan materi pembelajaran, dan metacognitive scaffolding. Namun, kedua kajian tersebut juga menekankan keterbatasan penggunaan ChatGPT, termasuk kemungkinan ketidakakuratan keluaran dan ketergantungan apabila digunakan tanpa pengarahan yang memadai. Oleh karena itu, manfaat ChatGPT dalam pembelajaran matematika tetap memerlukan verifikasi dan mediasi guru.

Dengan demikian, peningkatan yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen tidak tepat dikaitkan semata-mata dengan keberadaan ChatGPT. Perlakuan dalam penelitian ini mengintegrasikan ChatGPT dengan penyesuaian materi, tingkat kesulitan latihan, dan pemberian umpan balik berdasarkan respons siswa. Hasil penelitian lebih tepat dipahami sebagai efek pembelajaran matematika adaptif yang didukung ChatGPT, bukan sebagai efek penggunaan ChatGPT secara terpisah.

Pada materi statistika dan penyajian data, dukungan adaptif tersebut secara inferensial berpotensi membantu siswa belajar secara bertahap, mulai dari membaca tabel atau representasi data, menentukan ukuran statistik yang relevan, hingga menafsirkan informasi kuantitatif. Proses tersebut berkaitan dengan literasi numerasi karena siswa tidak hanya dituntut melakukan perhitungan, tetapi juga memahami dan menafsirkan informasi matematis untuk menyelesaikan persoalan.

Namun, karena proses kognitif siswa selama menggunakan ChatGPT tidak diukur secara langsung, mekanisme tersebut merupakan penjelasan yang didukung oleh literatur dan belum dapat dinyatakan sebagai mekanisme yang telah dibuktikan dalam penelitian ini.

Hasil penelitian menunjukkan pola yang berbeda menurut ukuran yang dianalisis. Perbedaan *posttest* antara kelompok eksperimen dan kontrol belum mencapai signifikansi statistik ($p = 0{,}066$), demikian pula *gain* mentah ($p = 0{,}235$). Sebaliknya, *N-gain* menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p = 0{,}0028$), yang juga didukung oleh uji Mann–Whitney ($p = 0{,}0015$). Perbedaan ini penting untuk diperhatikan agar interpretasi efektivitas pembelajaran tidak hanya didasarkan pada satu ukuran hasil.

Skor *posttest* menunjukkan capaian siswa setelah pembelajaran, sedangkan *gain* mentah menunjukkan perubahan absolut antara skor awal dan akhir. *N-gain* mempertimbangkan perubahan relatif terhadap ruang peningkatan yang masih tersedia berdasarkan skor awal (Hake, 1998). Oleh karena itu, perbedaan antara hasil *gain* mentah dan *N-gain* tidak harus dipandang sebagai pertentangan, tetapi menunjukkan bahwa masing-masing ukuran memberikan informasi yang berbeda menGenAI perubahan hasil belajar. Keseluruhan hasil perlu dibaca secara bersama-sama dan tidak hanya berdasarkan analisis yang menghasilkan $p < 0{,}05$.

Hasil ANCOVA memberikan informasi tambahan setelah variasi kemampuan awal diperhitungkan. Rata-rata *posttest* tersesuaikan kelompok eksperimen sebesar 84,84 dan kelompok kontrol sebesar 78,66, dengan perbedaan yang signifikan, $F(1,13) = 9{,}606$, $p = 0{,}0085$, dan *partial* $\eta^2 = 0{,}425$. Secara inferensial, hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan capaian akhir antara kedua kelompok masih terlihat setelah variasi skor awal dikendalikan. ANCOVA dengan demikian memberikan dukungan terhadap pola yang ditunjukkan oleh *N-gain*, meskipun perbandingan *posttest* dan *gain* mentah belum mencapai signifikansi statistik.

Variasi hasil tersebut juga dapat ditempatkan dalam konteks penelitian sebelumnya. Efektivitas AI dalam pembelajaran matematika dilaporkan dapat berbeda menurut desain intervensi, tingkat integrasi teknologi, materi pembelajaran, ukuran sampel, dan karakteristik peserta didik (Eti et al., 2026; Liu et al., 2026; Su et al., 2026). Liu et al. (2026), menemukan bahwa GenAI secara

keseluruhan memberikan efek positif terhadap hasil belajar matematika. Namun, besarnya efek bervariasi menurut karakteristik implementasi dan penelitian. Temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas AI perlu ditafsirkan dengan mempertimbangkan karakteristik intervensi dan konteks penelitian.

Dengan mempertimbangkan seluruh analisis, hasil penelitian menunjukkan bahwa arah perbedaan cenderung menguntungkan kelompok eksperimen, tetapi kekuatan bukti statistik berbeda menurut ukuran hasil dan pendekatan analisis yang digunakan. Oleh karena itu, hasil ANCOVA sebagai analisis utama dan *N-gain* sebagai analisis pendukung perlu dipertimbangkan bersama dengan tidak signifikannya perbedaan *posttest* dan *gain* mentah. Interpretasi ini memberikan gambaran yang lebih proporsional menGenAI efektivitas pembelajaran adaptif berbasis AI sekaligus menghindari penarikan kesimpulan hanya berdasarkan hasil yang signifikan.

Interpretasi hasil penelitian perlu memperhatikan beberapa keterbatasan. Pertama, analisis utama hanya melibatkan 16 siswa dengan data *pretest-posttest* lengkap, masing-masing delapan siswa pada kelompok eksperimen dan kontrol. Ukuran sampel yang kecil membatasi kestabilan estimasi sehingga ukuran efek yang diperoleh perlu ditafsirkan secara hati-hati. Hal ini relevan dengan temuan Liu et al. (2026) bahwa ukuran sampel dapat memengaruhi estimasi efek GenAI dalam pembelajaran matematika. Kedua, delapan dari 24 data awal tidak disertakan dalam analisis utama karena siswa tidak mengikuti rangkaian tes. Dengan demikian, hasil penelitian terutama merepresentasikan siswa yang mengikuti pembelajaran dan memiliki pasangan data *pretest-posttest* lengkap. Ketiga, residual model ANCOVA belum sepenuhnya normal dan varians *posttest* kedua kelompok tidak homogen. Hasil ANCOVA karena itu perlu dibaca bersama statistik deskriptif, *gain*, *N-gain*, ukuran efek, serta analisis parametrik dan nonparametrik, bukan digunakan sebagai satu-satunya dasar interpretasi. Keempat, penelitian dilakukan pada satu Madrasah Aliyah dengan jumlah peserta terbatas dan perlakuan selama empat kali pertemuan sehingga generalisasi hasil pada konteks yang lebih luas perlu dilakukan secara hati-hati.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa hasil pembelajaran berbasis AI dapat berbeda menurut desain pedagogis, karakteristik peserta didik, tingkat integrasi AI,

dan kondisi penerapannya (Eti et al., 2026; Liu et al., 2026; Su et al., 2026). Penelitian selanjutnya karena itu perlu melibatkan sampel yang lebih besar, kehadiran peserta yang lebih terkontrol, durasi perlakuan yang lebih panjang, serta beberapa madrasah untuk menguji konsistensi hasil pada konteks yang berbeda. Penelitian berikutnya juga dapat memisahkan komponen perlakuan, misalnya penggunaan ChatGPT, penyesuaian tingkat kesulitan, dan pemberian umpan balik, sehingga kontribusi masing-masing komponen terhadap peningkatan literasi numerasi dapat dianalisis dengan lebih jelas.

Penelitian ini memberikan bukti empiris tambahan menGenAI penerapan AI sebagai pendukung pembelajaran matematika adaptif pada konteks Madrasah Aliyah, khususnya dalam literasi numerasi pada materi statistika dan penyajian data. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa dukungan adaptif berbasis ChatGPT berpotensi memberikan manfaat ketika teknologi diintegrasikan dengan penyesuaian tingkat kesulitan dan pemberian umpan balik berdasarkan respons siswa. Namun, implikasi tersebut tetap perlu ditempatkan dalam batas desain dan karakteristik sampel penelitian sehingga pengujian pada konteks yang lebih luas masih diperlukan.

D. Kesimpulan

Pembelajaran matematika adaptif berbasis kecerdasan buatan yang didukung ChatGPT lebih efektif daripada pembelajaran konvensional dalam meningkatkan literasi numerasi siswa yang mengikuti rangkaian pembelajaran dan menyelesaikan *posttest*. Kesimpulan ini terutama didukung oleh *N-gain* kelompok eksperimen yang secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok kontrol serta hasil ANCOVA yang menunjukkan perbedaan signifikan setelah kemampuan awal diperhitungkan. Rata-rata *posttest* tersesuaikan kelompok eksperimen sebesar 84,84, sedangkan kelompok kontrol sebesar 78,66, dengan selisih tersesuaikan 6,17 poin. Meskipun demikian, perbedaan *posttest* dan *gain* mentah antarkelompok belum mencapai signifikansi statistik sehingga kekuatan bukti berbeda menurut ukuran hasil dan pendekatan analisis yang digunakan. Secara inferensial, hasil tersebut berpotensi berkaitan dengan penyesuaian tingkat kesulitan dan pemberian umpan balik berdasarkan respons siswa yang didukung ChatGPT. Temuan ini perlu ditafsirkan secara hati-hati karena analisis hanya melibatkan 16 siswa dengan data lengkap dan

terdapat ketidaklengkapan data akibat pola kehadiran siswa. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk menyempurnakan dan memvalidasi model melalui implementasi terbatas, kemudian mengujinya pada sampel, durasi pembelajaran, dan satuan pendidikan yang lebih luas.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat melalui pendanaan BIMA, Institut Turatea Indonesia, MA Almurahamah Banyorang, guru, dan siswa yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). Sage Publications.

Eti, N., Mosia, M., & Egara, F. O. (2026). The role of AI-driven personalised learning in enhancing mathematics problem-solving skills: A systematic review. Frontiers in Computer Science, 8, 1813431. https://doi.org/10.3389/fcomp.2026.1813431

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Husain, H., Syaharuddin, Ekawati, M., & Yasriuddin. (2021). Improving mathematics learning outcomes using the problem-based learning model at SMP Negeri 7 Binamu. Jurnal Syntax Admiration, 2(12), 2436–2444. https://doi.org/10.46799/jsa.v2i12.1033

Kabudi, T., Pappas, I. O., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100017. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017

Kuo, B.-C., Bai, Z.-E., & Lin, C.-H. (2026). Developing an AI learning companion for mathematics problem solving in elementary schools. Computers & Education, 240, 105463. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105463

Liu, B., Zhang, W., & Wang, F. (2026). Can generative artificial intelligence effectively enhance students' mathematics learning outcomes?—A meta-analysis of empirical studies from 2023 to 2025. Education Sciences, 16(1), 140. https://doi.org/10.3390/educsci16010140

OECD. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Su, C. S., Hsu, C. C., & González Campos, J. A. (2026). ChatGPT as a resource to strengthen mathematics teaching and learning: A systematic review. Journal of Computer Assisted Learning, 42(3), e70241. https://doi.org/10.1002/jcal.70241

Sulfianti, A., Amir, A. S., Hamid, N., & Lestari, C. A. (2025). Pengaruh penggunaan media pembelajaran Quizizz dalam meningkatkan minat belajar dan keaktifan siswa kelas IX SMPN 1 Tarowang. Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika,10(4), 1519–1532. https://doi.org/10.30605/pedagogy.v10i4.7771

Turmuzi, M., Azmi, S., & Kertiyani, N. M. I. (2026). ChatGPT in school mathematics education: A systematic review of opportunities, challenges, and pedagogical implications. Teaching and Teacher Education, 170, 105286. https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105286

Yoon, J., & Kwon, O. N. (2024). Systematic literature review on AI-based mathematics teaching and learning: Focusing on the role of AI and teachers. The Mathematical Education, 63(3), 573–591. https://doi.org/10.7468/mathedu.2024.63.3.573

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16, 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0