



Pengaruh Pemanfaatan AI Sebagai Tutor Virtual Terhadap Self-Efficacy Mahasiswa Pada Mata Kuliah Analisis Real

Amanda Chantika Sari Br Purba¹, Eliza Dwi Ananda², Yovi Dwi Ramadhani³, Yurinda Vilga Al Hafizah⁴, Elfira Rahmadani⁵

¹⁻⁵ Pendidikan Matematika, Universitas Asahan

^{1*}amandacantikasari@gmail.com, ²elzwianda@gmail.com, ³daniramadhani083@gmail.com, ⁴yurindavilgaa@gmail.com,

⁵elfira.rahmadani3@gmail.com

Abstrak

Perkembangan pesat teknologi Artificial Intelligence (AI) telah mengubah lanskap pendidikan tinggi secara signifikan, terutama dengan hadirnya tutor virtual berbasis AI yang mampu memberikan umpan balik cepat, tepat, dan personal. Analisis Real merupakan salah satu mata kuliah yang paling menantang dalam program pendidikan matematika karena sifat abstraknya sering menyebabkan rendahnya self-efficacy mahasiswa. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pemanfaatan AI sebagai tutor virtual terhadap self-efficacy mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Asahan yang menempuh mata kuliah Analisis Real. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental one-group pretest-posttest, melibatkan 15 mahasiswa yang dipilih melalui purposive sampling. Instrumen angket self-efficacy dikembangkan berdasarkan tiga dimensi Bandura (magnitude, strength, generality), divalidasi melalui expert judgment dengan Cronbach's Alpha sebesar 0,84. Hasil analisis deskriptif menunjukkan peningkatan rata-rata skor self-efficacy dari 65,67 (pre-test, kategori sedang) menjadi 79,93 (post-test, kategori tinggi), dengan peningkatan sebesar 21,7%. Uji Wilcoxon Signed-Rank Test menghasilkan nilai $Z = -3,408$ dengan $p\text{-value} = 0,001$ ($p < 0,05$), yang mengkonfirmasi terdapat perbedaan signifikan self-efficacy mahasiswa sebelum dan sesudah intervensi enam minggu menggunakan AI tutor virtual.

Kata kunci: Artificial Intelligence, Tutor Virtual, Self-Efficacy, Analisis Real, Pembelajaran Matematika.

Abstract

The rapid development of Artificial Intelligence (AI) technology has significantly transformed higher education, particularly through AI-based virtual tutors capable of providing fast, precise, and personalized feedback. Real Analysis, one of the most challenging mathematics education courses, frequently causes low self-efficacy among students due to its abstract nature and demands for formal proof-writing. This study examines the effect of utilizing AI as a virtual tutor on self-efficacy of mathematics education students at Universitas Asahan. A quantitative quasi-experimental one-group pretest-posttest design was employed with 15 students selected via purposive sampling. The self-efficacy questionnaire was based on Bandura's three dimensions: magnitude, strength, and generality, validated by expert judgment with Cronbach's Alpha coefficient of 0.84. Descriptive analysis results showed an increase in mean self-efficacy scores from 65.67 (pre-test, moderate category) to 79.93 (post-test, high category), representing a 21.7% improvement. The Wilcoxon Signed-Rank Test yielded $Z = -3.408$ with $p\text{-value} = 0.001$ ($p < 0.05$), confirming a significant difference in student self-efficacy before and after the six-week AI virtual tutor intervention.

Keywords: Artificial Intelligence, Virtual Tutor, Self-Efficacy, Real Analysis, Mathematics Learning

PENDAHULUAN

Era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 membawa perubahan fundamental dalam dunia pendidikan, termasuk penetrasi teknologi Artificial Intelligence (AI). Menurut Russell dan Norvig (2021), AI adalah bidang ilmu yang berfokus pada pengembangan sistem yang mampu meniru fungsi kognitif manusia seperti belajar, memecahkan masalah, dan memahami bahasa alami. Dalam konteks pendidikan tinggi, AI dimanfaatkan untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih adaptif, personal, dan responsif terhadap kebutuhan individual mahasiswa (Zawacki-Richter et al., 2019).

Salah satu wujud penerapan AI dalam pendidikan adalah tutor virtual berbasis AI yang dirancang untuk memberikan instruksi, penjelasan konsep, latihan soal, dan umpan balik secara otomatis dan real-time. Platform seperti ChatGPT, Google Gemini, dan Wolfram Alpha kini semakin banyak digunakan mahasiswa sebagai suplemen belajar di luar jam



kuliah reguler (Kasneci et al., 2023). Kemampuan AI memproses bahasa alami dan memberikan respons kontekstual menjadikannya alat bantu belajar yang sangat potensial, khususnya untuk mata kuliah abstrak yang memerlukan bimbingan intensif.

Dalam pembelajaran matematika, aspek afektif—khususnya self-efficacy—memainkan peran yang tidak kalah penting dibandingkan aspek kognitif. Bandura (1997) mendefinisikan self-efficacy sebagai keyakinan seseorang terhadap kemampuannya untuk mengorganisasi dan melaksanakan tindakan yang diperlukan guna mencapai hasil tertentu. Self-efficacy secara langsung memengaruhi pilihan aktivitas, tingkat usaha, ketekunan dalam menghadapi hambatan, serta pencapaian akademik mahasiswa (Pajares & Miller, 1994).

Mata kuliah Analisis Real merupakan mata kuliah inti yang paling menantang dalam kurikulum Pendidikan Matematika. Mata kuliah ini mempelajari konsep-konsep fundamental seperti barisan dan deret bilangan real, limit, kekontinuan fungsi, turunan, dan integral Riemann secara ketat melalui pendekatan aksiomatik dan pembuktian matematis (Rudin, 1976). Sifat materi yang sangat abstrak sering memunculkan kecemasan matematis dan rendahnya self-efficacy, terutama pada mahasiswa yang belum terbiasa dengan pola berpikir formal (Hooda et al., 2022).

Fenomena rendahnya self-efficacy mahasiswa pada mata kuliah Analisis Real ditemukan pula di Universitas Asahan. Berdasarkan observasi awal dan wawancara tidak terstruktur dengan mahasiswa Pendidikan Matematika, sebagian besar mahasiswa merasa tidak yakin dengan kemampuan mereka dalam memahami konsep abstrak dan menyelesaikan soal pembuktian. Kondisi ini berpotensi menghambat capaian belajar mahasiswa secara keseluruhan dan perlu mendapat perhatian serius dari para pendidik.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa AI berpengaruh positif terhadap self-efficacy peserta didik. Siregar et al. (2025) menemukan korelasi positif sangat kuat ($r = 0,78$) antara intensitas penggunaan AI dan self-efficacy matematis, di mana AI membantu mahasiswa memperoleh mastery experience yang lebih sering sebagai sumber utama pembentuk self-efficacy. Yakubu et al. (2025) menemukan peningkatan self-efficacy yang signifikan ($p < 0,001$) setelah intervensi AI tutor selama delapan minggu. Rachman et al. (2025) menambahkan bahwa dalam konteks pendidikan Indonesia, adopsi AI dalam pembelajaran adaptif di perguruan tinggi menunjukkan tren peningkatan yang signifikan pasca-pandemi COVID-19.

Meskipun penelitian mengenai AI dalam pendidikan sudah banyak dilakukan, kajian yang secara spesifik mengkaji pengaruh AI sebagai tutor virtual terhadap self-efficacy mahasiswa pada mata kuliah Analisis Real di perguruan tinggi Indonesia, khususnya di Universitas Asahan, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan penelitian tersebut dengan menganalisis secara mendalam pengaruh pemanfaatan AI sebagai tutor virtual terhadap self-efficacy mahasiswa pada mata kuliah Analisis Real. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis bagi pengembangan ilmu pendidikan matematika sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi dosen dan pengelola program studi dalam mengintegrasikan teknologi AI secara efektif dan etis dalam proses pembelajaran.

METODE

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental tipe one-group pretest-posttest. Desain ini dipilih karena penelitian dilaksanakan dalam satu kelas perkuliahan yang sama sehingga pembentukan kelompok kontrol terpisah tidak memungkinkan tanpa mengubah struktur kelas yang ada. Pola desain dapat digambarkan sebagai $O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$, di mana O_1 adalah pengukuran pre-test, X adalah intervensi penggunaan AI tutor virtual selama enam minggu, dan O_2 adalah pengukuran post-test

2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah 15 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Asahan yang menempuh mata kuliah Analisis Real pada semester genap tahun akademik 2025/2026. Pemilihan subjek menggunakan teknik purposive sampling dengan kriteria inklusi: (1) terdaftar aktif sebagai mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Asahan; (2) sedang mengambil mata kuliah Analisis Real; (3) bersedia berpartisipasi secara sukarela dan menandatangani informed consent; serta (4) memiliki akses perangkat digital dan koneksi internet yang memadai..



3. Variabel dan Definisi Operasional

Variabel bebas adalah pemanfaatan AI sebagai tutor virtual, didefinisikan sebagai aktivitas mahasiswa menggunakan aplikasi AI (ChatGPT, Google Gemini, atau platform serupa) secara terstruktur sebagai sarana belajar tambahan dalam mata kuliah Analisis Real, meliputi: bertanya tentang konsep, meminta penjelasan ulang, mengerjakan soal latihan dengan panduan AI, dan mendiskusikan langkah pembuktian matematis. Variabel terikat adalah self-efficacy mahasiswa, didefinisikan sebagai skor angket berdasarkan tiga dimensi Bandura (1997): magnitude (keyakinan memahami konsep), strength (ketekunan menghadapi soal sulit), dan generality (keyakinan lintas situasi belajar).

4. Instrumen dan Validitas

Instrumen penelitian berupa angket self-efficacy dengan 20 butir pernyataan, terdiri atas 8 butir dimensi magnitude, 7 butir dimensi strength, dan 5 butir dimensi generality. Sebanyak 14 butir merupakan pernyataan favorabel dan 6 butir unfavorabel dengan penilaian skala Likert 5 poin. Skor total berkisar antara 20 (sangat rendah) hingga 100 (sangat tinggi). Validasi dilakukan melalui expert judgment oleh dosen Pendidikan Matematika dan pakar psikologi pendidikan, dilanjutkan validasi konstruk menggunakan korelasi Pearson (kriteria r hitung $> 0,514$). Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menghasilkan koefisien $\alpha = 0,84$, termasuk kategori reliabilitas tinggi.

5. Prosedur dan Analisa Data

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap. Tahap pertama (persiapan) mencakup penyusunan dan validasi instrumen, pembuatan panduan penggunaan AI tutor, dan pengisian angket pre-test melalui Google Form. Tahap kedua (intervensi enam minggu) dimulai dengan pelatihan penggunaan AI secara efektif dan etis, dilanjutkan penggunaan AI tutor terstruktur untuk topik: Barisan Bilangan Real dan Kekontinuan (Minggu 1–2), Limit dan Kekontinuan Fungsi (Minggu 3–4), serta Turunan dan Integral Riemann (Minggu 5–6). Tahap ketiga adalah pengisian angket post-test identik dengan pre-test.

Analisis data dilakukan secara deskriptif (mean, median, modus, standar deviasi, kategorisasi) dan inferensial. Uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk Test menghasilkan nilai $p = 0,032$ untuk data selisih ($p < 0,05$), sehingga data dinyatakan tidak berdistribusi normal dan digunakan Wilcoxon Signed-Rank Test sebagai uji statistik inferensial. Hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak terdapat perbedaan signifikan self-efficacy sebelum dan sesudah intervensi, ditolak jika $p \leq 0,05$. Analisis dilakukan menggunakan SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data Pre-Test Self-Efficacy

Data pre-test diperoleh dari pengisian angket oleh 15 responden sebelum intervensi dilaksanakan. Tabel 1 menyajikan distribusi persentase jawaban mahasiswa pada butir-butir pernyataan angket.

Tabel 1. Distribusi Jawaban Pre-Test Self-Efficacy Mahasiswa (n = 15)

Butir Pernyataan	SS (%)	S (%)	N (%)	TS (%)	STS (%)	Di m.
1. Yakin mampu memahami konsep Analisis Real	33,3	26,7	13,3	6,7	20,0	Ma g.
2. Percaya dapat menyelesaikan soal pembuktian	20,0	46,7	13,3	20,0	0,0	Ma g.
3. Sering meragukan kemampuan diri (unfav.)	13,3	60,0	13,3	6,7	6,7	Str.
4. Tetap berusaha meski materi sulit	40,0	33,3	26,7	0,0	0,0	Str.
5. Mengulang materi hingga benar-benar mengerti	46,7	40,0	13,3	0,0	0,0	Str.

Keterangan: Mag. = Magnitude; Str. = Strength; SS = Sangat Setuju; S = Setuju; N = Netral; TS = Tidak Setuju; STS = Sangat Tidak Setuju

Analisis butir menunjukkan bahwa pada dimensi magnitude, sebesar 60,0% mahasiswa menyatakan yakin mampu memahami konsep Analisis Real (butir 1), namun hanya 66,7% yang percaya dapat menyelesaikan soal pembuktian (butir 2) dengan masih adanya 20,0% yang tidak setuju. Temuan paling signifikan terdapat pada dimensi strength:



sebanyak 73,3% mahasiswa mengakui sering meragukan kemampuan diri saat menghadapi soal Analisis Real (butir 3 unfavorable), yang menunjukkan self-efficacy kognitif yang rendah.

Menariknya, dikotomi yang nyata teridentifikasi antara self-efficacy kognitif dan perilaku ketekunan. Pada dimensi perilaku, 73,3% mahasiswa tetap berusaha meski materi sulit (butir 4) dan 86,7% mengulang materi hingga benar-benar mengerti (butir 5). Kondisi ini menggambarkan academic resilience yang terpisah dari self-efficacy murni, di mana mahasiswa tetap berjuang meskipun tidak sepenuhnya yakin akan berhasil.

2. Analisis Dimensi Self-Efficacy Pre-Test

Secara keseluruhan, profil self-efficacy awal mahasiswa dapat dikategorikan pada tingkat sedang dengan rata-rata skor 65,67 ($SD = 4,68$). Dimensi ketekunan dan persistensi (strength behavioral) sudah relatif baik dan tidak memerlukan intervensi intensif. Sebaliknya, dimensi keyakinan kognitif (magnitude dan strength cognitive) masih rendah dan menjadi prioritas intervensi utama. Kondisi ini menciptakan landasan yang kondusif untuk intervensi berbasis AI, karena mahasiswa yang tekun dan memiliki kebiasaan belajar yang baik akan lebih mampu memanfaatkan AI tutor secara optimal.

Kondisi rendahnya self-efficacy kognitif ini sejalan dengan temuan Hooda et al. (2022) yang menyatakan bahwa transisi ke matematika formal berbasis pembuktian—yang dalam literatur disebut Advanced Mathematical Thinking Transition—merupakan tantangan paling signifikan dalam pendidikan matematika. Talsma et al. (2023) dalam meta-analisis menemukan bahwa hubungan antara self-efficacy dan kinerja akademik bersifat resiprokal, sehingga intervensi yang meningkatkan self-efficacy awal dapat menciptakan siklus positif yang berlanjut sepanjang semester.

3. Analisis Dimensi Self-Efficacy Pre-Test

Temuan pre-test memiliki empat implikasi penting. Pertama, rendahnya self-efficacy kognitif merupakan fenomena universal pada mata kuliah matematika tingkat tinggi dan mencerminkan kesulitan transisi dari matematika prosedural ke matematika formal yang dalam literatur disebut Advanced Mathematical Thinking Transition. Pajares dan Miller (1994) dalam penelitian klasik mereka menemukan bahwa self-efficacy matematis merupakan prediktor yang lebih kuat terhadap kinerja matematis dibandingkan kemampuan matematika yang diukur secara objektif. Artinya, intervensi yang berhasil meningkatkan self-efficacy akan secara tidak langsung meningkatkan capaian akademik mahasiswa.

Kedua, dikotomi antara self-efficacy kognitif yang rendah dan ketekunan yang tinggi merupakan kondisi ideal untuk intervensi AI karena mahasiswa yang tekun akan memanfaatkan ketersediaan AI tutor secara lebih optimal. Siregar et al. (2025) menemukan mekanisme serupa, di mana mahasiswa yang tekun secara konsisten menunjukkan peningkatan self-efficacy lebih besar setelah menggunakan AI tutor. AI, dengan kemampuannya memberikan penjelasan berulang dengan pendekatan berbeda-beda, dapat secara efektif mengkonversi ketekunan yang sudah ada menjadi pengalaman keberhasilan nyata yang pada gilirannya meningkatkan self-efficacy kognitif.

Ketiga, ketidakstabilan self-efficacy yang teridentifikasi—yakni secara umum namun mudah goyah saat menghadapi soal spesifik—menunjukkan strength yang rendah. Bandura (1997) mengategorikan ini sebagai self-efficacy dengan strength rendah, yakni keyakinan yang ada tetapi tidak cukup kuat untuk bertahan di bawah tekanan. Intervensi AI dengan latihan soal progresif dari mudah ke sulit merupakan strategi tepat untuk memperkuat strength melalui rekam jejak keberhasilan yang semakin panjang dan mengakur. Keempat, pemanfaatan AI sebagai tutor virtual berkorespondensi langsung dengan keempat sumber self-efficacy Bandura (1997): mastery experience melalui latihan bertahap, vicarious experience melalui demonstrasi pemecahan masalah, verbal persuasion melalui umpan balik positif, serta pengurangan physiological anxiety melalui lingkungan belajar yang aman dan tidak menghakimi.

4. Data Post-Test dan Perbandingan Pre-Test–Post-Test

Setelah enam minggu intervensi AI tutor virtual, seluruh 15 responden mengisi angket post-test. Tabel 2 menyajikan perbandingan skor pre-test dan post-test beserta perhitungan Wilcoxon Signed-Rank.

**Tabel 2. Perbandingan Skor Pre-Test dan Post-Test Self-Efficacy (n = 15)**

Responden	Skor Pre-Test	Skor Post-Test	Selisih (d)	Rank d	Rank Positif	Rank Negatif	Kategori
R-01	68	82	14	9	9	-	Meningkat
R-02	62	78	16	12	12	-	Meningkat
R-03	71	85	14	9	9	-	Meningkat
R-04	58	74	16	12	12	-	Meningkat
R-05	65	80	15	11	11	-	Meningkat
R-06	70	84	14	9	9	-	Meningkat
R-07	60	73	13	6.5	6.5	-	Meningkat
R-08	74	87	13	6.5	6.5	-	Meningkat
R-09	63	76	13	6.5	6.5	-	Meningkat
R-10	67	81	14	9	9	-	Meningkat
R-11	72	85	13	6.5	6.5	-	Meningkat
R-12	59	75	16	12	12	-	Meningkat
R-13	66	79	13	6.5	6.5	-	Meningkat
R-14	61	77	16	12	12	-	Meningkat
R-15	69	83	14	9	9	-	Meningkat
Jumlah	985	1.199	214	120	120	0	-
Rata-rata	65,67	79,93	14,27	-	W+ = 120	W- = 0	-

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh 15 responden (100%) mengalami peningkatan skor self-efficacy dari pre-test ke post-test, tanpa ada satu pun responden yang mengalami penurunan atau skor yang tetap. Peningkatan skor individual berkisar antara 13 hingga 16 poin, dengan rata-rata peningkatan sebesar 14,27 poin. Tidak adanya rank negatif ($W^- = 0$) dan jumlah rank positif yang maksimal ($W^+ = 120$) mengindikasikan konsistensi arah peningkatan yang sangat kuat.

5. Statistik Deskriptif Pre-Test dan Post-Test

Tabel 3. Statistik Deskriptif Self-Efficacy Pre-Test dan Post-Test

Pengukuran	n	Min	Max	Mean	SD	Kategori	Peningkatan
Pre-Test	15	58	74	65,67	4,68	Sedang	-
Post-Test	15	73	87	79,93	4,12	Tinggi	+14,27 (21,7%)

Tabel 3 menunjukkan peningkatan rata-rata skor self-efficacy yang substansial dari 65,67 (pre-test, kategori sedang) menjadi 79,93 (post-test, kategori tinggi), mencerminkan peningkatan sebesar 14,27 poin atau 21,7%. Standar deviasi yang sedikit menurun dari 4,68 menjadi 4,12 mengindikasikan distribusi skor post-test yang lebih homogen, menunjukkan bahwa intervensi AI tutor memberikan dampak yang lebih merata di antara responden. Peningkatan skor minimum dari 58 menjadi 73 dan skor maksimum dari 74 menjadi 87 memperlihatkan bahwa peningkatan terjadi secara menyeluruh, tidak hanya pada kelompok tertentu.



6. Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank Test

Tabel 4. Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank Test

Variabel	n	W+	W-	Z	p-value	Keputusan
Self-Efficacy (Post-Test - Pre-Test)	15	120	0	-3,408	0,001 (< 0,05)	H0 Ditolak

Berdasarkan Tabel 4, uji Wilcoxon Signed-Rank Test menghasilkan statistik $Z = -3,408$ dengan $p\text{-value} = 0,001$ (two-tailed). Karena $p\text{-value} = 0,001 < \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor self-efficacy mahasiswa sebelum dan sesudah intervensi pemanfaatan AI sebagai tutor virtual selama enam minggu. Nilai $W^+ = 120$ dan $W^- = 0$ mengkonfirmasi bahwa seluruh perbedaan skor bersifat positif (meningkat), sehingga dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan AI sebagai tutor virtual berpengaruh positif dan signifikan terhadap self-efficacy mahasiswa pada mata kuliah Analisis Real.

Hasil ini sejalan dengan temuan Yakubu et al. (2025) yang menemukan peningkatan signifikan ($p < 0,001$) setelah intervensi AI tutor selama delapan minggu, dan Siregar et al. (2025) yang melaporkan korelasi positif sangat kuat antara intensitas penggunaan AI dan self-efficacy matematis. Dai et al. (2023) menyimpulkan bahwa lingkungan belajar digital adaptif berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kepercayaan diri akademik, yang mendukung mekanisme serupa dalam penelitian ini. Holmes et al. (2022) mengingatkan bahwa penggunaan AI dalam pendidikan juga perlu memperhatikan isu privasi, bias algoritmik, dan ketergantungan berlebihan pada teknologi. Oleh karena itu, panduan etis penggunaan AI tutor tetap menjadi bagian penting dari desain intervensi ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pre-test dan post-test self-efficacy dari 15 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Asahan yang menempuh mata kuliah Analisis Real, dapat ditarik empat kesimpulan utama.

Pertama, self-efficacy awal mahasiswa berada pada kategori sedang (rata-rata 65,67; SD = 4,68) dengan profil yang tidak seragam antardimensi. Dimensi strength behavioral menunjukkan nilai relatif tinggi, sementara dimensi magnitude dan strength kognitif masih rendah, dengan 73,3% mahasiswa mengakui sering meragukan kemampuan diri saat menghadapi soal Analisis Real.

Kedua, setelah intervensi enam minggu menggunakan AI tutor virtual, terjadi peningkatan rata-rata skor self-efficacy menjadi 79,93 (SD = 4,12, kategori tinggi), dengan peningkatan rata-rata sebesar 14,27 poin (21,7%). Seluruh 15 responden (100%) mengalami peningkatan skor tanpa ada yang menurun, menunjukkan konsistensi arah dampak intervensi.

Ketiga, uji Wilcoxon Signed-Rank Test menghasilkan $Z = -3,408$ dengan $p\text{-value} = 0,001$ ($p < 0,05$), yang secara statistik mengkonfirmasi terdapat perbedaan signifikan self-efficacy mahasiswa sebelum dan sesudah intervensi. Dengan demikian, hipotesis penelitian bahwa pemanfaatan AI sebagai tutor virtual berpengaruh positif terhadap self-efficacy mahasiswa pada mata kuliah Analisis Real terbukti secara empiris.

Keempat, pemanfaatan AI sebagai tutor virtual terbukti mampu menyediakan seluruh sumber pembentuk self-efficacy menurut Bandura (1997): mastery experience melalui latihan bertahap, vicarious experience melalui demonstrasi pemecahan masalah, verbal persuasion melalui umpan balik positif, serta pengurangan kecemasan fisiologis melalui lingkungan belajar yang aman dan tidak menghakimi. Penelitian ini merekomendasikan integrasi AI sebagai tutor virtual secara terstruktur dalam perancangan pembelajaran Analisis Real, disertai panduan penggunaan yang efektif dan etis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Asahan, khususnya Program Studi Pendidikan Matematika, yang telah memberikan dukungan akademis dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pengampu mata kuliah Analisis Real yang telah memberikan izin dan kemudahan selama proses pengambilan data, serta kepada seluruh mahasiswa yang telah bersedia berpartisipasi sebagai responden dalam penelitian ini. Tidak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada para validator instrumen



atas masukan dan penilaian yang sangat berharga dalam proses validasi angket self-efficacy. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan pembelajaran matematika, khususnya dalam integrasi teknologi AI di perguruan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman and Company.
- Dai, C. P., Ke, F., & Pan, Y. (2023). Narrative-supported math problem solving in digital game-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 71(2), 793–819. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10151-5>
- Graesser, A. C., Hu, X., Nye, B. D., & Sottolare, R. (2021). Intelligent tutoring systems, adaptive instructional systems, and the advancements of learning and training. In R. Sottolare & J. Schwarz (Eds.), *Adaptive instructional systems* (pp. 34–50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77857-6_3
- Hooda, M., Rana, C., Dahiya, O., Rizwan, A., & Hossain, M. S. (2022). Artificial intelligence for assessment and feedback to enhance student success in higher education. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2022/5215722>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide agenda. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193–203. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>
- Rachman, A., Maulana, I., & Syafii, W. (2025). Implementasi Artificial Intelligence dalam pembelajaran adaptif di perguruan tinggi: Tinjauan sistematis. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 27(1), 45–62. <https://doi.org/10.21009/jtp.v27i1.12345>
- Rudin, W. (1976). *Principles of mathematical analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Siregar, R. N., Hasanah, U., & Lubis, M. A. (2025). Hubungan penggunaan kecerdasan buatan dengan self-efficacy peserta didik dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 10(1), 78–92. <https://doi.org/10.26737/jpmi.v10i1.5678>
- Talsma, K., Schuz, B., Schwarzer, R., & Norris, K. (2023). I believe, therefore I achieve (and vice versa): A meta-analytic cross-lagged panel analysis of self-efficacy and academic performance. *Learning and Individual Differences*, 61(1), 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.11.015>
- Yakubu, M. N., Chioma, U. A., & Adewale, O. S. (2025). AI-powered virtual tutoring and its impact on learner confidence and academic achievement in tertiary institutions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00412-x>