

EFEKTIVITAS MEDIA DIGITAL BERBASIS KECERDASAN BUATAN (AI) TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP POLINOMIAL SISWA SMK

The Effectiveness of Artificial Intelligence (AI) Based Digital Media on SMK Students' Understanding of Polynomial Concepts

Abdul Hakim Junaid¹, St Nurkhalifah Ali¹, Ahmad Talib^{1*}

¹ Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

*ahmadtalibunm@gmail.com

Diterima: 29 November 2025; Direvisi: 18 Desember 2025; Dipublikasi: 12 Januari 2026



ABSTRACT

*Understanding polynomial concepts is often challenging for vocational high school (SMK) students due to the abstract nature of the material and the dominance of procedural teaching approaches. This study aims to analyze the effectiveness of artificial intelligence (AI)-based digital media in improving students' conceptual understanding of polynomials. Using a quasi-experimental one-group pretest-posttest design, the research involved 26 eleventh-grade accounting students at SMKN 3 Pinrang. The instruments included a validated test of polynomial conceptual understanding, observation sheets, and student response questionnaires. The results indicated a significant increase in posttest scores compared to pretest scores (**mean gain = 33.35**), as confirmed by a paired sample t-test ($p < 0.001$). The N-Gain score of **0.626** fell into the **medium category**. Observations revealed high student engagement and interaction with the AI media. Questionnaire responses showed positive student acceptance, with a majority agreeing that the AI-based media made learning more interactive and easier to understand. This study contributes to addressing a gap by specifically measuring the impact of AI on conceptual understanding of a particular mathematics topic in vocational education. It is concluded that AI-based digital media is an effective tool for enhancing the conceptual understanding of polynomials among SMK students, supporting the development of more adaptive and conceptual learning in vocational mathematics.*

Keywords: Artificial Intelligence; Conceptual Understanding; Digital Media; Polynomial; Vocational Education.

ABSTRAK

Pemahaman konsep polinomial sering menjadi tantangan bagi siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) karena sifat materi yang abstrak dan dominasi pendekatan pembelajaran prosedural. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas media digital berbasis kecerdasan buatan (AI) terhadap

peningkatan pemahaman konseptual siswa pada materi polinomial. Menggunakan desain kuasi-eksperimen *one-group pretest-posttest*, penelitian ini melibatkan 26 siswa kelas XI Akuntansi di SMKN 3 Pinrang. Instrumen penelitian mencakup tes pemahaman konsep polinomial yang telah divalidasi, lembar observasi, dan angket respons siswa. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan skor posttest yang signifikan dibandingkan skor pretest (**peningkatan rata-rata = 33,35**), yang dikonfirmasi melalui uji-t berpasangan ($p < 0,001$). Skor N-Gain sebesar **0,626** termasuk dalam **kategori sedang**, yang menunjukkan peningkatan yang substansial dalam pemahaman konseptual. Observasi menunjukkan keterlibatan dan interaksi siswa yang tinggi dengan media AI. Respons kuesioner menunjukkan penerimaan siswa yang positif, dengan mayoritas menyetujui bahwa media berbasis AI membuat pembelajaran lebih interaktif dan mudah dipahami. Studi ini menjawab celah penelitian dengan secara spesifik mengukur pengaruh AI terhadap pemahaman konseptual pada topik matematika tertentu di pendidikan vokasi. Disimpulkan bahwa media digital berbasis AI merupakan alat yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep polinomial siswa SMK, yang mendukung pengembangan pembelajaran matematika vokasional yang lebih adaptif dan berorientasi konsep.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan; Media Digital; Pemahaman Konseptual; Pendidikan Vokasi; Polinomial.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) masih menghadapi tantangan besar, khususnya pada materi polinomial yang menuntut pemahaman konseptual dan kemampuan representasi simbolik. Siswa SMK cenderung lebih tertarik pada pembelajaran yang aplikatif dan kontekstual, sehingga sering mengalami kesulitan ketika berhadapan dengan konsep aljabar abstrak seperti polinomial (Wijaya et al., 2021). Rendahnya penguasaan konsep ini berdampak pada pencapaian kompetensi matematika secara keseluruhan, yang pada akhirnya memengaruhi kesiapan siswa dalam menghadapi dunia kerja (OECD, 2019).

Di era revolusi industri 4.0, pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan menjadi suatu keniscayaan. Media pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (AI) menawarkan potensi besar untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal, interaktif, dan adaptif terhadap kebutuhan siswa (Chassignol et al., 2018). Beberapa penelitian terdahulu telah mengungkap efektivitas media digital dalam meningkatkan prestasi dan motivasi belajar matematika (Huang et al., 2020; Sung et al., 2016). Namun, aplikasi AI dalam konteks pembelajaran matematika di SMK, khususnya untuk materi polinomial, masih relatif terbatas dan belum dieksplorasi secara mendalam.

Studi-studi sebelumnya lebih banyak berfokus pada penerapan AI dalam pembelajaran bahasa atau sains, sedangkan implementasinya dalam matematika vokasional masih jarang (Luckin et al., 2016). Selain itu, penelitian yang menguji efektivitas media berbasis AI dengan desain eksperimental yang ketat pada satu kelompok eksperimen di SMK juga belum banyak dilakukan. Namun, penelitian-penelitian sebelumnya belum secara kuantitatif mengkaji penggunaan media berbasis kecerdasan buatan (AI) yang secara spesifik berfokus pada pemahaman konseptual suatu topik aljabar dalam konteks pendidikan vokasi. Oleh karena itu, terdapat kesenjangan (gap) empiris mengenai sejauh mana media digital berbasis AI dapat meningkatkan pemahaman konseptual matematika siswa SMK, khususnya pada materi polinomial.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas media digital berbasis AI dalam meningkatkan pemahaman konsep polinomial siswa SMK. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran matematika yang lebih menarik dan efektif, serta memberikan landasan empiris bagi pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi di pendidikan vokasional.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen *one-group pretest-posttest design*. Untuk meminimalkan ancaman terhadap validitas internal, waktu pembelajaran, guru pengajar, serta lingkungan belajar dijaga konsisten selama pelaksanaan intervensi. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengukur efek perlakuan pada kelompok yang sama dalam kondisi lapangan yang tidak memungkinkan pengacakan penuh (Creswell & Creswell, 2018). Rancangan ini sesuai untuk menguji efektivitas suatu intervensi dalam konteks kelas nyata.

2.1 Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMKN 3 Pinrang, Sulawesi Selatan, pada Program Keahlian Akuntansi dan Keuangan Lembaga (AKL). Sekolah ini dipilih karena telah memiliki fasilitas digital yang memadai dan menunjukkan komitmen terhadap inovasi pembelajaran, meskipun belum memanfaatkan media berbasis AI untuk pembelajaran matematika.

Subjek penelitian adalah seluruh siswa kelas XI AKL yang berjumlah 26 orang (2 laki-laki, 24 perempuan). Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling berdasarkan pertimbangan: (1) siswa kelas XI sedang mempelajari materi polinomial sesuai Kurikulum Merdeka; (2) karakteristik siswa yang relatif homogen dalam hal gaya belajar dan akses terhadap teknologi; dan (3) kesediaan sekolah untuk mendukung pelaksanaan penelitian.

2.2 Desain dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini mengikuti desain satu kelompok dengan pengukuran sebelum (O1) dan sesudah (O2) perlakuan (X). Secara skematis, desain penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *One-Group Pretest-Posttest Design*

Kelompok	Pretest	Perlakuan (X)	Posttest
Eksperimen	O1	Pembelajaran dengan Media AI	O2

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahap utama:

1. **Tahap Persiapan:** Meliputi analisis kebutuhan, Pemanfaatan media berbasis AI dilakukan di bawah supervisi guru dengan menggunakan prompt yang telah ditetapkan sebelumnya, sesuai tujuan pembelajaran, serta penyusunan dan validasi instrumen penelitian. *Pretest* (O1) dilaksanakan untuk mengukur pemahaman awal.

2. **Tahap Pelaksanaan Perlakuan (X):** Pembelajaran dilaksanakan selama enam pertemuan. Dalam setiap pertemuan, siswa berinteraksi dengan media AI untuk mengeksplorasi konsep, menyelesaikan latihan, dan menerima umpan balik instan. Guru berperan sebagai fasilitator.
3. **Tahap Evaluasi: *Posttest* (O2)** dilaksanakan setelah intervensi selesai. Data dianalisis untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep.

2.3 Instrumen Pengumpulan Data

Data dikumpulkan menggunakan tiga instrumen utama:

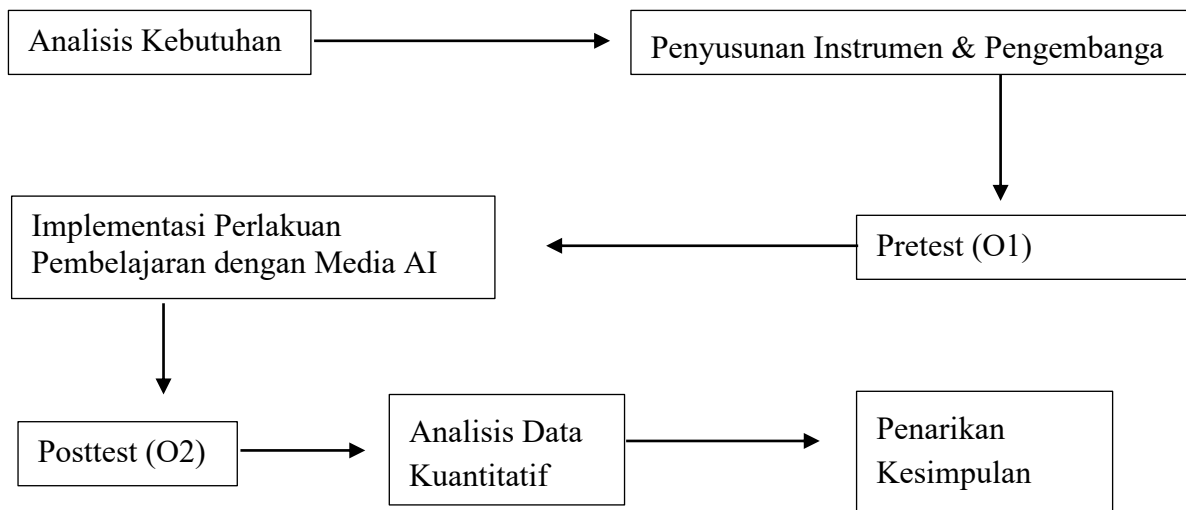
1. **Tes Pemahaman Konsep:** Berupa soal pilihan ganda sebanyak 15 butir yang telah divalidasi oleh dua ahli pendidikan matematika. Soal mengukur indikator pemahaman konsep polinomial: identifikasi, operasi aljabar, kesamaan polinomial, teorema sisa dan faktor, serta aplikasi kontekstual. Reliabilitas diukur dengan Cronbach's Alpha ($\alpha = 0.82$), yang tergolong tinggi (Creswell & Creswell, 2018).
2. **Lembar Observasi:** Digunakan untuk mengamati aktivitas dan keterlibatan siswa selama pembelajaran. Lembar observasi menggunakan skala Likert 1-5 dengan indikator: perhatian, interaksi dengan media, partisipasi diskusi, dan penyelesaian tugas. Pengamatan dilakukan oleh dua observer untuk menjaga objektivitas.
3. **Angket Respons Siswa:** Berisi 15 pernyataan tertutup dengan skala Likert 1-5 untuk mengukur persepsi, sikap, dan motivasi siswa terhadap penggunaan media berbasis AI.

2.4 Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara kuantitatif dengan langkah-langkah berikut:

1. **Statistik Deskriptif:** Untuk mendeskripsikan skor pretest dan posttest (mean, SD, min, max).
2. **Uji Normalitas:** Menggunakan uji Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$) sebagai prasyarat uji parametrik.
3. **Uji Hipotesis:** Menggunakan *Paired Sample t-test* (jika data normal) atau *Wilcoxon Signed Rank Test* (jika data tidak normal) untuk menguji signifikansi perbedaan skor pretest-posttest.
4. **Analisis N-Gain:** Dihitung untuk menentukan besarnya peningkatan pemahaman konsep, dengan interpretasi kategori Hake (1999): tinggi ($g \geq 0.70$), sedang ($0.30 \leq g < 0.70$), rendah ($g < 0.30$).
5. **Analisis Data Observasi dan Angket:** Dianalisis secara deskriptif dengan persentase untuk mendeskripsikan aktivitas belajar dan respons siswa.

Alur penelitian secara keseluruhan diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian *One-Group Pretest-Posttest Design*

Keterangan:

- a. Analisis Kebutuhan
- b. Penyusunan Instrumen dan Pengembangan Media
- c. Pretest (O1)
- d. Implementasi Perlakuan Pembelajaran dengan Media AI (X)
- e. Posttest (O2)
- f. Analisis Data Kuantitatif
- g. Penarikan Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

3.1.1. Hasil Pretest dan Posttest Pemahaman Konsep

Data hasil pretest dan posttest dianalisis secara deskriptif untuk melihat gambaran awal dan akhir kemampuan siswa. Hasil statistik deskriptif disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Pretest dan Posttest

Statistik	Pretest	Posttest
Rata-rata (Mean)	46.73	80.08
Standar Deviasi (SD)	10.95	7.21
Skor Minimum	25	60
Skor Maksimum	60	85
N	26	26

Berdasarkan Tabel 2, terjadi peningkatan skor rata-rata sebesar **33.35 poin**, dari 46.73 pada pretest menjadi 80.08 pada posttest. Penurunan standar deviasi dari 10.95 menjadi 7.21 menunjukkan bahwa sebaran kemampuan siswa menjadi lebih homogen setelah perlakuan. Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan data berdistribusi normal (pretest $p = 0.089$; posttest $p = 0.103$). Uji hipotesis dengan *Paired Sample t-test* menghasilkan $t(25) = 16.45$, $p < 0.001$, yang mengonfirmasi perbedaan yang sangat signifikan. Perhitungan N-Gain memperoleh skor 0.626. Nilai 0.626 termasuk dalam kategori sedang berdasarkan kriteria Hake (1999). Hasil ini mengindikasikan bahwa intervensi media berbasis AI memberikan pengaruh yang substansial dan mendekati kategori tinggi dalam meningkatkan pemahaman konsep.

3.1.2. Hasil Observasi Aktivitas Belajar Siswa

Observasi selama proses pembelajaran menunjukkan bahwa tingkat aktivitas dan keterlibatan siswa berada dalam kategori tinggi. Rincian persentase rata-rata untuk setiap indikator disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Observasi Aktivitas Belajar Siswa

Indikator Aktivitas Belajar	Persentase Rata-Rata	Kategori
Memperhatikan penjelasan	85%	Sangat Tinggi
Berinteraksi dengan media AI	88%	Sangat Tinggi
Berpartisipasi dalam diskusi	80%	Tinggi
Menyelesaikan latihan/tugas	82%	Tinggi
Rata-rata Keseluruhan	83.75%	Sangat Tinggi

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kehadiran media berbasis AI berhasil menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan mendorong partisipasi aktif siswa, dengan indikator tertinggi pada aspek "berinteraksi dengan media AI".

3.1.3. Hasil Angket Respons Siswa

Respons siswa terhadap penggunaan media digital berbasis AI secara keseluruhan sangat positif. Sebanyak 86.5% siswa menyatakan setuju atau sangat setuju bahwa media ini membantu pemahaman mereka. Hasil lengkap dari angket respons disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Angket Respons Siswa terhadap Media AI

Pernyataan	Persentase Positif
Media membuat materi lebih mudah dipahami	88.5%
Media meningkatkan motivasi belajar	84.6%
Umpan balik dari AI membantu memperbaiki kesalahan	90.4%
Pembelajaran menjadi lebih menarik	86.5%
Ingin menggunakan media serupa untuk materi lain	82.7%
Rata-rata Keseluruhan	86.54%

3.2. Pembahasan

Temuan utama penelitian ini, berdasarkan data statistik yang akurat, semakin menguatkan bukti bahwa media digital berbasis AI efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep polinomial. Peningkatan skor rata-rata sebesar **33.35 poin** yang signifikan secara statistik ($p < 0.001$), didukung oleh efek ukuran sedang-tinggi ($N\text{-Gain} = 0.626$), memberikan dasar yang kuat untuk klaim keefektifan intervensi. Penurunan standar deviasi sebesar 34% (dari 10.95 ke 7.21) merupakan indikator penting bahwa media AI berhasil menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif dan terpersonalisasi, di mana siswa dengan kemampuan awal rendah mengalami percepatan belajar yang signifikan (Kulik & Fletcher, 2016).

Secara teoritis, keberhasilan ini selaras dengan prinsip *adaptive learning* yang dimungkinkan oleh teknologi AI (Hwang et al., 2020). Sistem dapat mengidentifikasi kesulitan individu (misalnya, dalam memahami konsep kesamaan polinomial atau teorema sisa) dan menyediakan penjelasan atau latihan yang tepat. Hal ini mengurangi *cognitive gap* antar siswa dan memungkinkan seluruh kelas bergerak menuju pemahaman yang lebih mendalam secara bersama-sama. Temuan ini menjawab kekhawatiran bahwa teknologi digital justru dapat memperlebar kesenjangan (OECD, 2019), dengan menunjukkan bahwa AI yang dirancang dengan baik justru dapat menjadi alat pemerataan pemahaman.

Respons siswa yang sangat positif (86.54%) dan tingkat interaksi yang tinggi (88%) tidak dapat dipisahkan dari desain media yang mengadopsi prinsip *gamifikasi* dan *immediate feedback*. Dalam konteks pembelajaran matematika yang sering dianggap menakutkan, elemen interaktif ini berhasil mengubah persepsi siswa dari "harus menghafal prosedur" menjadi "ingin memahami konsep" (Ramirez et al., 2018). Umpan balik instan dari AI, sebagaimana diakui 90.4% siswa, berfungsi sebagai scaffolding yang terus-menerus, memandu siswa dari zona perkembangan aktual menuju zona perkembangan proksimal (Vygotsky, 1978) tanpa ketergantungan penuh pada guru.

Implikasi praktis dari penelitian ini menjadi lebih kuat dengan besarnya peningkatan ($N\text{-Gain} = 0.626$). Guru matematika SMK tidak hanya dapat menggunakan media AI sebagai suplemen, tetapi sebagai inti dari strategi pembelajaran untuk topik-topik abstrak. Sekolah dan pembuat kebijakan perlu mempertimbangkan integrasi alat semacam ini dalam kerangka kurikulum digital, disertai dengan pelatihan guru yang memadai.

Namun, kehati-hatian tetap diperlukan. Tingkat keefektifan yang tinggi dalam desain satu kelompok ini perlu diuji lebih lanjut dengan kelompok kontrol untuk mengisolasi efek media dari variabel lain. Selain itu, keberlanjutan efek (*retention*) dan kemampuan transfer ke materi lain perlu dieksplorasi dalam penelitian longitudinal.

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang akurat, dapat disimpulkan bahwa media digital berbasis kecerdasan buatan (AI) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep polinomial siswa kelas XI AKL SMKN 3 Pinrang. Keefektifan ini dibuktikan melalui tiga temuan utama: (1) adanya peningkatan skor rata-rata yang sangat signifikan secara statistik ($p < 0.001$) sebesar 33.35 poin; (2) besarnya peningkatan termasuk dalam kategori sedang-mendekati tinggi ($N\text{-Gain} = 0.626$), menunjukkan dampak pembelajaran yang sangat substansial; dan (3) respon

afektif siswa terhadap media sangat positif, ditunjukkan dengan tingkat keterlibatan belajar yang tinggi (rata-rata 83.75%) dan persepsi yang menguntungkan (rata-rata 86.54%) terhadap kegunaan dan daya tarik media AI.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menjawab tujuan dengan memberikan bukti empiris bahwa integrasi media berbasis AI dalam pembelajaran matematika vokasional tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif, personal, dan berorientasi pada pemahaman konseptual. Implikasinya, media semacam ini layak dipertimbangkan sebagai alternatif inovatif untuk mengatasi tantangan abstraksi dalam matematika dan mengakomodasi karakteristik belajar siswa SMK di era digital.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- a. LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) atas dukungan pendanaan riset ini.
- b. Rekan-rekan dosen di Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Makassar, atas bimbingan dan masukan akademisnya.
- c. Kepala Sekolah, guru, dan seluruh staf SMKN 3 Pinrang atas izin, kerjasama, dan fasilitas yang diberikan selama penelitian.
- d. Siswa-siswi Kelas XI AKL SMKN 3 Pinrang Tahun Ajaran 2023/2024 atas partisipasi aktif dan antusiasme mereka selama proses penelitian.

6. REKOMENDASI

Berdasarkan temuan dan refleksi selama penelitian, beberapa rekomendasi diajukan:

- a. Bagi Peneliti Selanjutnya: Disarankan untuk melakukan replikasi studi dengan desain Randomized Controlled Trial (RCT) yang melibatkan kelompok kontrol untuk memperkuat validitas internal dan klaim kausalitas. Eksplorasi dapat diperluas pada materi matematika vokasional lain (e.g., matriks, fungsi) dan mengukur dampak jangka panjang (retention) serta kemampuan transfer.
- b. Bagi Guru dan Praktisi Pendidikan: Media berbasis AI dapat diintegrasikan ke dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), khususnya sebagai alat untuk eksplorasi konsep, latihan diferensiasi, dan pemberian remedial. Pelatihan dasar bagi guru dalam mengoperasikan dan memanfaatkan fitur-fitur pedagogis AI sangat diperlukan.
- c. Bagi Kebijakan Sekolah dan Pemerintah: Untuk adopsi yang lebih luas, diperlukan dukungan infrastruktur seperti perangkat dan konektivitas internet yang memadai. Kebijakan yang mendukung pengembangan dan berbagi (sharing) open educational resources (OER) berbasis AI antar sekolah vokasi dapat dipercepat.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Indiana University.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Huang, X., Craig, S. D., Xie, J., Graesser, A., & Hu, X. (2020). Intelligent tutoring systems work as a math gap reducer in 6th grade after-school program. *Learning and Individual Differences*, 77, 101814. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.101814>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework. *Educational Psychologist*, 53(3), 145–164. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>
- Rittle-Johnson, B., & Schneider, M. (2015). Developing conceptual and procedural knowledge of mathematics. In R. Cohen Kadosh & A. Dowker (Eds.), *The Oxford Handbook of Numerical Cognition* (pp. 1118–1134). Oxford University Press.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252–275. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.008>

- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Wijaya, T. T., Ying, Z., & Purnama, A. (2021). The relationship of vocational students' mathematics anxiety and mathematical self-efficacy towards mathematics achievement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012077>