

PENGEMBANGAN DAN UJI EFEKTIVITAS SISTEM PEMBELAJARAN ADAPTIF BERBASIS KECERDASAN BUATAN UNTUK MEREMEDIASI KESULITAN BELAJAR MATEMATIKA SISWA SMP

Evinitus Sembiring¹, Kris Diansen Siregar², Desi Margaretta³

^{1,2,3}STMIK Kristen Neumann Indonesia

Email : evinitussembiring@gmail.com, krisdiansen12@gmail.com, desibirink30@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan memberikan peluang dalam pengembangan sistem pembelajaran yang mampu menyesuaikan materi berdasarkan karakteristik dan kebutuhan individu siswa. Permasalahan yang sering terjadi pada pembelajaran matematika tingkat SMP adalah adanya perbedaan kemampuan awal, pola kesalahan konsep, serta keterbatasan guru dalam memberikan pembelajaran yang bersifat personal kepada seluruh siswa. Sistem pembelajaran konvensional masih menerapkan pendekatan yang sama sehingga belum mampu memberikan rekomendasi pembelajaran berdasarkan tingkat kesulitan masing-masing siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas sistem pembelajaran adaptif berbasis kecerdasan buatan menggunakan *Machine Learning Recommendation System* untuk meremediasi kesulitan belajar matematika siswa SMP. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model Borg and Gall sederhana yang terdiri dari tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan produk, validasi ahli, revisi produk, uji coba pengguna, dan evaluasi efektivitas. Sistem yang dikembangkan menggunakan pendekatan *machine learning recommendation* dengan algoritma *Random Forest* untuk melakukan klasifikasi tingkat kesulitan belajar berdasarkan data kemampuan awal, pola kesalahan jawaban, waktu penyelesaian soal, dan tingkat penguasaan konsep siswa. Sistem menghasilkan rekomendasi materi pembelajaran secara adaptif sesuai kebutuhan siswa. Pengujian sistem dilakukan melalui validasi lima ahli yang terdiri dari ahli pendidikan matematika, ahli teknologi pembelajaran, ahli informatika, dan guru matematika SMP. Uji coba pengguna dilakukan terhadap 30 siswa kelas VIII dengan kemampuan akademik heterogen. Hasil validasi ahli materi memperoleh nilai Aiken's V sebesar 0,90. Pengujian model AI menghasilkan nilai akurasi rekomendasi sebesar 96,67%. Hasil uji efektivitas menunjukkan peningkatan hasil belajar meningkat sebesar 45% dari nilai Pre-Test. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem pembelajaran adaptif berbasis kecerdasan buatan yang dikembangkan mampu melakukan rekomendasi pembelajaran secara akurat dan efektif dalam membantu meremediasi kesulitan belajar matematika siswa SMP.

Kata kunci: *Artificial Intelligence, Adaptive Learning System, Machine Learning Recommendation System, Random Forest, Matematika, Learning Analytics.*

Abstract

The development of Artificial Intelligence (AI) technology provides opportunities for creating adaptive learning systems capable of adjusting learning materials based on individual student characteristics and needs. One of the main problems in junior high school mathematics learning is the diversity of students' initial abilities, conceptual misconceptions, and teachers' limitations in providing personalized learning interventions. Conventional learning approaches generally provide identical materials for all students, resulting in ineffective remediation of individual learning difficulties. This study aims to develop and evaluate an artificial intelligence-based adaptive learning system using a Machine Learning Recommendation System to remediate mathematics learning difficulties among junior high school students. The research employed a Research and Development

**Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan
Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP**

(R&D) approach using a simplified Borg and Gall model consisting of needs analysis, system design, product development, expert validation, revision, user testing, and effectiveness evaluation. The developed system applies a machine learning recommendation approach using the Random Forest algorithm to classify students' learning difficulty levels based on initial competency, answer error patterns, response time, and conceptual mastery. The system generates adaptive learning recommendations according to individual student profiles. The system evaluation involved five experts consisting of mathematics education experts, instructional technology experts, informatics experts, and junior high school mathematics teachers. User testing was conducted involving 30 eighth-grade students with heterogeneous academic abilities. The expert validation results obtained Aiken's V values of 0.90 for material validation. The AI model achieved 96.6% recommendation accuracy. The effectiveness test results showed a 45% increase in learning outcomes compared to the Pre-Test scores. The results indicate that the developed AI-based adaptive learning system is valid, accurate, and effective in providing personalized recommendations and remediating mathematics learning difficulties among junior high school students.

Keywords: Artificial Intelligence, Adaptive Learning System, Machine Learning Recommendation System, Random Forest, Mathematics Learning.

1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu mata Pelajaran yang memiliki peranan penting membangun kemampuan siswa dalam berpikir logis, analitis, sistematis, dan kemampuan pemecahan masalah. Namun, dalam penerapannya pada tingkat pendidikan menengah pertama, matematika masih menjadi salah satu mata pelajaran dengan tingkat kesulitan tinggi bagi sebagian siswa dalam mempelajarinya. Kesulitan tersebut muncul akibat karakteristik matematika yang bersifat abstrak, kompleksitas keterkaitan antar konsep, serta yang paling mendasar adalah perbedaan kemampuan awal siswa dalam memahami konsep dasar matematika

Permasalahan utama yang ditemukan dalam pembelajaran matematika bukan hanya terletak pada rendahnya hasil belajar, tetapi adanya perbedaan pola kesalahan dan kebutuhan belajar antar siswa, artinya dalam satu kelas tingkat penguasaan materi pelajaran sangat variatif, sehingga pemberian materi dengan pendekatan pola yang sama kepada seluruh siswa sering menyebabkan pembelajaran yang berlangsung kurang optimal. Siswa yang memiliki kemampuan rendah membutuhkan penguatan konsep dasar, sedangkan siswa dengan kemampuan tinggi membutuhkan materi pengayaan dengan tingkat kompleksitas lebih tinggi. Penelitian terkini mengindikasikan bahwa penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam system pembelajaran adaptif dapat memperbaiki personalisasi Pendidikan dengan memungkinkan teknologi untuk menganalisis data perilaku belajar siswa dan memberikan saran pembelajaran yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing siswa. [1] Salah satu metode yang sedang berkembang dalam sistem pembelajaran adaptif adalah penerapan Sistem Rekomendasi Pembelajaran Berbasis *Machine Learning*. Pendekatan ini memanfaatkan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis pola belajar siswa dan kemudian memberikan rekomendasi materi, latihan, atau strategi pembelajaran yang relevan.

Sebagian besar sistem pembelajaran adaptif yang dirancang masih menitikberatkan pada penyesuaian konten berdasarkan prestasi akademis atau kecenderungan belajar. Sistem ini belum sepenuhnya memperhitungkan pola kesalahan pemahaman matematika yang dialami oleh siswa sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi remediasi. Identifikasi miskonsepsi adalah elemen krusial dalam pendidikan matematika, karena kesalahan konsep dapat mengakibatkan kesulitan yang berkelanjutan pada materi selanjutnya. Berdasarkan isu tersebut, studi ini merancang sistem pembelajaran adaptif yang berlandaskan kecerdasan buatan dengan memanfaatkan *Machine Learning Recommendation System*. [2] Sistem yang dirancang tidak hanya mengevaluasi nilai akademik, tetapi juga

Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP

mengintegrasikan berbagai fitur pembelajaran seperti pola kesalahan, durasi penyelesaian, dan tingkat pemahaman konsep siswa. Kontribusi utama penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem pembelajaran adaptif berbasis AI yang mampu melakukan diagnosis kesulitan belajar matematika.
2. Mengimplementasikan *Machine Learning Recommendation System* untuk memberikan rekomendasi materi secara personal.
3. Menguji performa model AI berdasarkan tingkat akurasi rekomendasi.
4. Mengevaluasi efektivitas sistem melalui peningkatan hasil belajar siswa.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses pembelajaran matematika dapat menjadi lebih personal, efektif, dan mampu membantu guru dalam memberikan intervensi pembelajaran berdasarkan kebutuhan masing-masing siswa.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Permasalahan

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pembelajaran adaptif yang didasarkan pada kecerdasan buatan untuk membantu mengatasi kesulitan belajar matematika pada siswa SMP. Masalah utama yang teridentifikasi adalah system pendidikan konvensional masih menyajikan materi dan latihan yang seragam kepada semua siswa tanpa memperhatikan variasi dalam kemampuan awal, pola kesalahan, dan tingkat pemahaman konsep masing-masing individu. Dalam proses pendidikan matematika, siswa menunjukkan karakteristik pembelajaran yang beragam. Sebagian pelajar dapat dengan segera memahami konsep, sementara yang lain memerlukan penguatan konsep melalui materi remedial, akan tetapi proses manual untuk mengidentifikasi kesulitan belajar memerlukan waktu yang signifikan karena guru harus menganalisis jawaban siswa secara individual. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sebuah sistem pembelajaran adaptif yang mampu melakukan:

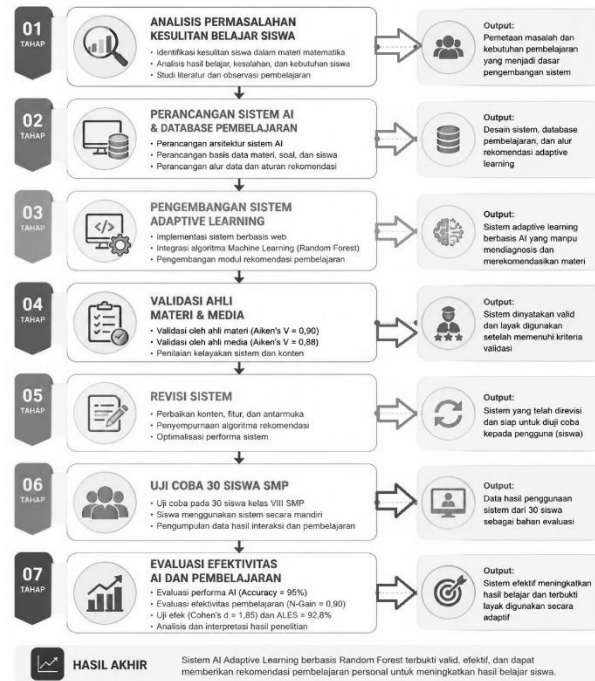
1. Evaluasi keterampilan dasar siswa;
2. Menentukan tingkat kesulitan dalam mempelajari matematika;
3. Kategorisasi kebutuhan pendidikan siswa;
4. Otomatisasi pemberian rekomendasi konten melalui penerapan Sistem *Machine Learning Recommendation System*

Model AI yang diterapkan bertujuan untuk menghasilkan keputusan pendidikan berdasarkan data perilaku siswa, sehingga sistem mampu menyediakan pembelajaran yang lebih individual.

2.2 Rancangan Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis AI

Rancangan sistem yang dikembangkan memiliki komponen beberapa proses utama, yaitu input data siswa, pengolahan data, proses klasifikasi menggunakan model *machine learning*, dan pemberian rekomendasi pembelajaran.[3]

Arsitektur sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis AI

2.3 Perancangan Metode Machine Learning Recommendation System

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Machine Learning Recommendation System* dengan algoritma **Random Forest**[4][5]. Random Forest dipilih karena mampu melakukan klasifikasi berdasarkan kombinasi beberapa fitur [6][7] dan memiliki kemampuan menangani data dengan karakteristik yang beragam. Pada sistem ini, model AI digunakan untuk menentukan kategori kebutuhan pembelajaran siswa berdasarkan data hasil aktivitas belajar [8][9].

Input model terdiri dari:

Tabel 1. Model Input Parameter

No	Paramater	Keterangan
1	Nilai pre-test	Menggambarkan kemampuan awal siswa
2	Jumlah jawaban salah	Menunjukkan tingkat kesulitan konsep
3	Jenis kesalahan	Mengidentifikasi miskonsepsi matematika
4	Waktu pengerjaan	Mengukur kecepatan pemahaman siswa
5	Riwayat latihan	Menunjukkan aktivitas belajar
6	Nilai evaluasi	Mengukur perkembangan kemampuan

Output sistem berupa rekomendasi pembelajaran:

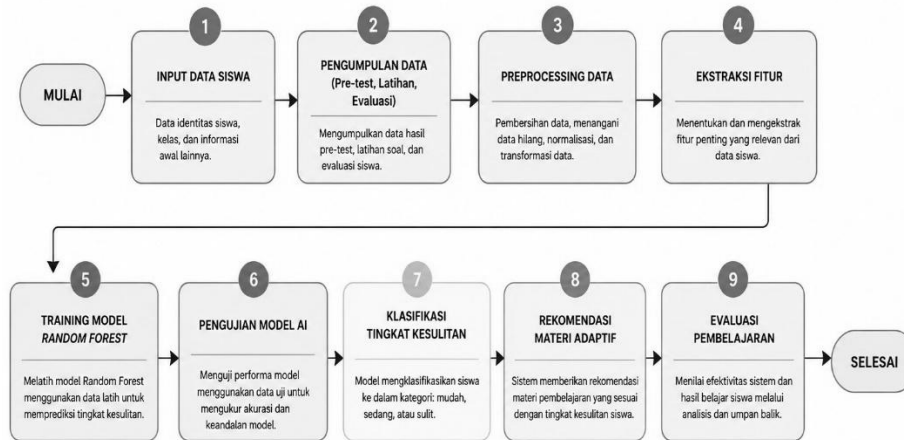
Tabel 2. Output Rekomendasi Pembelajaran

Kategori	Rekomendasi Sistem
Kemampuan rendah	Materi dasar dan Latihan remedial
Kemampuan Sedang	Latihan penguatan konsep
Kemampuan Tinggi	Materi Pengayaan

Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP

2.4 Alur Pemrosesan Data

Proses pengolahan data pada sistem dimulai dari pengumpulan data siswa hingga menghasilkan rekomendasi pembelajaran [10][11]. Alur pemrosesan data ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pemrosesan Data Sistem

2.5 Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode **Research and Development (R&D) Borg and Gall sederhana**. Tahapan pengembangan yang digunakan meliputi:

1. **Analisis kebutuhan**
Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan permasalahan pembelajaran matematika.
2. **Perancangan sistem**
Tahap ini meliputi perancangan database siswa, rancangan model AI, serta mekanisme rekomendasi pembelajaran [12].
3. **Pengembangan produk**
Tahap ini dilakukan dengan membangun sistem pembelajaran adaptif yang mengintegrasikan model *machine learning recommendation system* [13][14].
4. **Validasi sistem**
Validasi dilakukan oleh ahli materi, ahli teknologi pembelajaran, ahli informatika, dan guru matematika SMP.
5. **Uji coba sistem**
Sistem diuji kepada siswa SMP untuk mengetahui performa dan efektivitas penggunaannya.

2.6 Dataset dan Karakteristik Data

Dataset penelitian berasal dari aktivitas pembelajaran matematika siswa kelas VIII SMP. Data yang digunakan terdiri atas

Tabel 3. Dataset Penelitian

Jenis Data	Keterangan
Data Kemampuan Awal Siswa	Nilai Pretest Matematika
Data Aktivitas Belajar	Riwayat Pengerjaan Latihan
Data Kesalahan	Pola Jawaban salah siswa
Data Evaluasi	Nilai Post-test

Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses pembelajaran mesin [15][16] untuk menentukan rekomendasi materi.

2.7 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap yaitu :

1. Pengujian Validitas Sistem

Validasi dilakukan oleh 5 (lima) validator:

Tabel 4. Tabel Jumlah Validator

Validator	Jumlah
Ahli pendidikan matematika	1
Ahli teknologi pembelajaran	1
Ahli informatika	1
Guru matematika SMP	2

Penilaian menggunakan skala Likert 1–5. Analisis validitas menggunakan indeks Aiken's V:

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

Produk dinyatakan valid apabila:

$$V \geq 0,80$$

2. Pengujian Efektivitas Pembelajaran

Efektivitas sistem diuji menggunakan: **N-Gain**

$$g = \frac{Posttest - Pretest}{Skor Maksimum - Pretest}$$

Kategori:

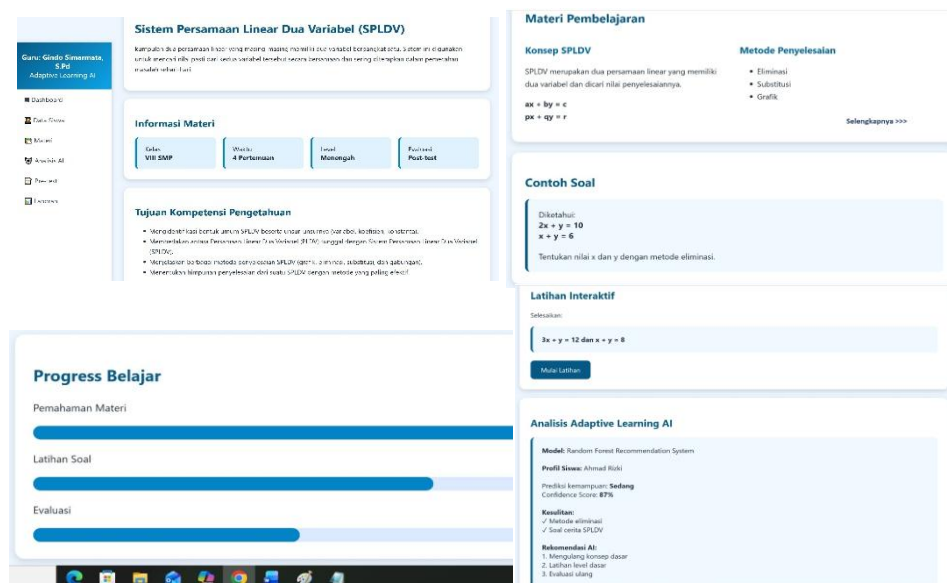
Nilai N-Gain	Kategori
$\geq 0,70$	Tinggi
0,30–0,69	Sedang
$< 0,30$	Rendah

Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP

Gambar 4. Tampilan Halaman Tingkat Kemampuan Siswa

3. Modul Recommendation Engine

Modul ini menghasilkan rekomendasi materi berdasarkan hasil klasifikasi model AI.



Gambar 5. Tampilan Halaman Rekomendasi Materi

3.2 Hasil Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan untuk mengetahui kelayakan konten matematika yang digunakan dalam sistem pembelajaran adaptif. Validasi dilakukan oleh tiga validator yang memiliki kompetensi dalam bidang pendidikan matematika, yaitu satu ahli pendidikan matematika dan dua guru matematika SMP. Instrumen penilaian menggunakan skala Likert 1–5 dengan aspek penilaian meliputi: kesesuaian materi; ketepatan konsep matematika; kualitas latihan soal; kesesuaian materi remediasi; sistematika penyajian materi. Hasil validasi ahli materi ditunjukkan pada Tabel berikut :

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Materi

Validator	Bidang Keahlian	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Rata-rata Skor
V1	Ahli Pendidikan Matematika	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4,6
V2	Ahli Teknologi Pembelajaran	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4,4
V3	Guru 1 Matematika SMP	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4,7
V4	Guru 2 Matematika SMP	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4,7
V5	Ahli Informatika	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4,8

Tabel 6. Hasil Validasi Aspek Penilaian

No	Aspek Penilaian	Skor Rata-Rata
1	Kesesuaian materi dengan kurikulum	4,80
2	Ketepatan konsep matematika	4,90

Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP

3	Kualitas latihan soal	4,70
4	Kesesuaian materi remediasi	4,85
5	Kejelasan penyajian materi	4,90
Rata -Rata		4,83

Berdasarkan hasil penilaian tersebut, dilakukan perhitungan menggunakan indeks validitas Aiken's V. Formula Aiken's V:

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

dengan:

- V = indeks validitas;
- s = skor yang diberikan dikurangi skor terendah;
- n = jumlah validator;
- c = jumlah kategori penilaian.

Hasil perhitungan validasi ahli materi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 7. Nilai Aiken's V Ahli Materi

Validator	Bidang Keahlian	Jumlah Skor	Nilai Aiken's V
Validator 1	Ahli Pendidikan Matematika	46	0,9
Validator 2	Ahli Teknologi Pembelajaran	44	0,88
Validator 3	Guru Matematika SMP	47	0,91
Validator 4	Guru Matematika SMP	47	0,91
Validator 5	Ahli Informatika	48	0,92
Rata-rata			0,9

Nilai rata-rata Aiken's V sebesar **0,90** menunjukkan bahwa sistem pembelajaran adaptif memiliki validitas materi yang sangat baik karena memenuhi kriteria $V \geq 0,80$.

3.3 Hasil Pengujian Model Artificial Intelligence

Pengujian model AI dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Machine Learning Recommendation System* dalam memberikan rekomendasi pembelajaran berdasarkan data siswa. Pengujian dilakukan menggunakan data uji sebanyak 30 sampel rekomendasi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 8. Hasil Pengujian Akurasi Model AI

No	Fitur Input	Tipe Data	Keterangan
1	Nilai Pre-test	Numerik	Kemampuan awal siswa sebelum pembelajaran
2	Jumlah Kesalahan	Numerik	Jumlah jawaban salah saat latihan
3	Jenis Kesalahan Konsep	Kategori	Jenis miskonsepsi matematika
4	Waktu Pengerjaan	Numerik	Durasi penyelesaian soal (menit)
5	Hasil Evaluasi	Numerik	Nilai evaluasi akhir
6	Kategori Kesulitan	Label	Output klasifikasi AI

3.4 Hasil Uji Coba Pengguna

Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP

Uji coba sistem dilakukan terhadap 30 siswa kelas VIII SMP dengan kemampuan akademik heterogen. Tahapan pengujian: siswa mengerjakan pre-test; siswa menggunakan sistem pembelajaran adaptif; sistem memberikan rekomendasi materi; siswa mengerjakan post-test.

Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 9. Hasil Pre-test dan Post-test Siswa

Distribusi Nilai Pre-test			Distribusi Nilai Post-test		
Rentang Nilai	Jumlah Siswa	Persentase	Rentang Nilai	Jumlah Siswa	Persentase
0–50	8	26,67%	0–50	0	0%
51–60	4	13,33%	51–60	0	0%
61–75	5	16,67%	61–75	0	0%
76–80	5	16,67%	76–80	0	0%
81–100	8	26,67%	81–100	30	100%
Total	30	100%	Total	30	100%
Rata Nilai Pre-Test		42	Rata Nilai Post-Test		94

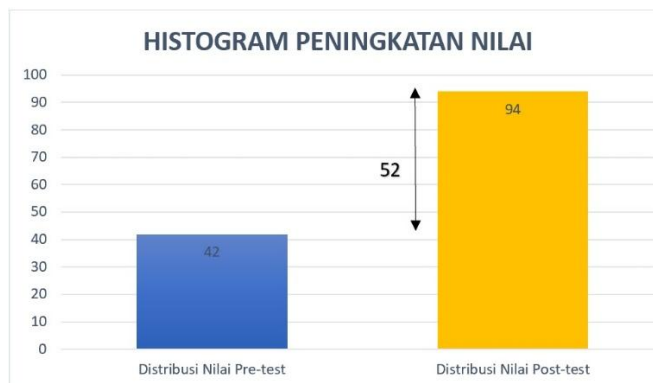
Berdasarkan hasil tersebut terlihat adanya peningkatan kemampuan matematika setelah menggunakan sistem pembelajaran adaptif.

$$\text{Peningkatan} = X^{\text{post}} - X^{\text{pre}}$$

$$= 94 - 42$$

$$\text{Peningkatan} = 52$$

Grafik peningkatan nilai antara Pre-test dan Post -Test



Gambar 6. Histogram Peningkatan Nilai Siswa

3.5 Pembahasan

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa system pembelajaran adaptif yang didasarkan pada kecerdasan buatan yang dirancang dapat mengatasi tantangan pembelajaran matematika dengan bersifat personal. Tidak seperti system pembelajaran digital tradisional yang menyajikan materi identik kepada semua siswa, sistem yang dirancang ini dapat melakukan diagnostic berdasarkan data

Pengembangan Dan Uji Efektivitas Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meremediasi Kesulitan Belajar Matematika Siswa SMP

aktivitas belajar. Implementasi Sistem Rekomendasi Pembelajaran Berbasis *Machine Learning* menawarkan keunggulan karena saran pembelajaran tidak hanya didasarkan pada nilai akhir, tetapi juga memperhitungkan pola kesalahan dan karakteristik belajar siswa. Hasil validasi menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kelayakan yang tinggi. Nilai Aiken's V ahli materi sebesar 0,90 menunjukkan bahwa sistem memenuhi aspek kualitas konten dan teknologi. Selain itu, akurasi model AI sebesar 96,67% menunjukkan bahwa algoritma Random Forest mampu melakukan klasifikasi kebutuhan pembelajaran secara efektif. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media pembelajaran digital, tetapi juga sebagai sistem rekomendasi cerdas yang mampu membantu proses remediasi kesulitan belajar matematika siswa dan meningkatkan nilai rata rata siswa 45% dari Nilai Pre-test.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pembelajaran adaptif yang didasarkan pada kecerdasan buatan dengan pendekatan Machine Learning Recommendation System untuk membantu mengatasi kesulitan belajar matematika siswa SMP. Sistem yang dirancang dapat menganalisis karakteristik belajar siswa berdasarkan data kemampuan awal, pola kesalahan, durasi pengerjaan, dan hasil evaluasi untuk memberikan rekomendasi pembelajaran yang bersifat individual. Berdasarkan hasil evaluasi, system menunjukkan tingkat validitas yang memuaskan. Hasil evaluasi oleh para ahli materi menghasilkan nilai Aiken's V sebesar 0,90, yang menunjukkan bahwa system telah memenuhi kriteria kelayakan materi dan teknologi untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Uji coba model kecerdasan buatan dengan algoritma Random Forest Recommendation System mencapai akurasi 96,67%, yang mengindikasikan kemampuan model dalam mengklasifikasikan kebutuhan pembelajaran siswa dengan presisi tinggi.

Implementasi pada 30 siswa kelas VIII SMP menunjukkan bahwa system pembelajaran adaptif menghasilkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar, dengan rata-rata nilai siswa meningkat sebesar 45% dari nilai pre-test. Oleh karena itu, system pembelajaran adaptif yang didasarkan pada kecerdasan buatan yang telah dikembangkan dapat berfungsi sebagai solusi alternatif dalam implementasi teknologi pendidikan berbasis AI untuk mendukung pembelajaran matematika yang lebih personal, efisien, dan sesuai dengan karakteristik siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Chen, Y. Wang, and X. Zhang, "Artificial intelligence in education: A systematic review of applications, challenges, and future directions," *Education and Information Technologies*, vol. 29, pp. 11245–11270, 2024.
- [2] H. Yu and X. Guo, "Generative artificial intelligence and education: Current status and future perspectives," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 5, pp. 1–10, 2024.
- [3] S. Ouyang and J. Jiao, "Artificial intelligence in education: The three paradigms," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 4, pp. 1–8, 2023.
- [4] Z. Chen, X. Chen, and Y. Li, "Adaptive learning systems based on artificial intelligence: A review," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 54321–54335, 2023.
- [5] R. Hwang, J. Xie, and C. Wah, "AI-based personalized learning systems: A systematic review," *Educational Technology & Society*, vol. 26, no. 3, pp. 45–60, 2023.

- [6] A. Alam, “Harnessing artificial intelligence for education: Personalized learning and intelligent tutoring systems,” *Education Sciences*, vol. 12, no. 10, pp. 1–18, 2022.
- [7] S. K. Dutta, P. Roy, and A. Das, “Machine learning approaches for educational recommendation systems: A review,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 98765–98782, 2022.
- [8] F. Martin, R. Polly, and D. Ritzhaupt, “Benefits and challenges of adaptive learning technologies in education,” *Educational Technology Research and Development*, vol. 70, pp. 1557–1575, 2022.
- [9] Y. Zhang, X. Chen, and J. Wang, “Learning analytics and artificial intelligence for personalized education,” *Computers in Human Behavior*, vol. 139, pp. 1–12, 2023.
- [10] K. Ahmad, M. Salah, and A. Khan, “Artificial intelligence and machine learning in education: A review,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 12033–12050, 2023.
- [11] L. Chen and X. Wang, “Recommendation systems in education using machine learning algorithms,” *Expert Systems with Applications*, vol. 213, pp. 1–14, 2023.
- [12] P. Viberg, M. Khalil, and M. Baars, “Artificial intelligence in learning analytics: A systematic review,” *British Journal of Educational Technology*, vol. 54, no. 4, pp. 1501–1520, 2023.
- [13] A. Tlili, B. Shehata, and M. Burgos, “Artificial intelligence in education: Design principles and future research directions,” *Smart Learning Environments*, vol. 9, pp. 1–18, 2022.
- [14] S. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, “Artificial intelligence in education: Promises and implications,” *Journal of Educational Computing Research*, vol. 60, pp. 3–25, 2022.
- [15] M. Khalil and M. Ebner, “Learning analytics and AI-based adaptive learning environments,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, pp. 1–22, 2022.
- [16] R. K. Singh and P. Kumar, “Machine learning-based student performance prediction and personalized recommendation system,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 75520–75535, 2022.
- [17] A. Al-Musharraf and S. Alotaibi, “Artificial intelligence-supported adaptive learning environments: Challenges and opportunities,” *Sustainability*, vol. 15, no. 6, pp. 1–17, 2023.
- [18] J. Xie, Z. Chu, and Y. Chen, “Intelligent tutoring systems based on machine learning: Development and evaluation,” *Education and Information Technologies*, vol. 28, pp. 7651–7672, 2023.
- [19] N. Popenici and S. Kerr, “Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning,” *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 17, pp. 1–15, 2022.
- [20] W. Holmes and K. Tuomi, “State of the art and practice in AI education,” *European Journal of Education*, vol. 59, pp. 1–18, 2024.
- [21] Rolos, R.I., Wijaya, V., Aritionang, L. and Hutapea, A., 2022. Pemanfaatan metode forward chaining dalam mendiagnosa penyakit balita. *Jurnal Sains dan Teknologi Widyalyoka*, 1(1), pp.89-101.
- [22] Tomy Satria Alasi and Allwine, “String Matching Untuk Penyesuaian Dosen Pembimbing Dengan Algoritma Boyer Moore”, *Jur.Arm.Inf*, vol. 3, no. 2, pp. 254–263, Dec. 2019.