

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MATEMATIKA ADAPTIF BERBASIS MACHINE LEARNING UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA

Mustika Fitri Larasati Sibuea¹, Muhammad Ardiansyah Sembiring²,

Hokkop Efendi Hasibuan³

Universitas Royal, Kisaran

e-mail: ¹bukmus.inaction@gmail.com, ²adinmantap88@gmail.com

Abstract: *This study aims to develop an adaptive mathematics learning media based on machine learning and to examine its feasibility and effectiveness in improving student learning outcomes. The media was developed using the 4D research and development model (define, design, develop, disseminate). A Random Forest algorithm was employed to classify students' ability into three categories (low, medium, high) based on their exercise history, allowing the media to automatically adjust the difficulty level of the exercises. The trial subjects were eighth-grade junior high school students of Tamansiswa Sukadamai. Data were collected through a needs analysis questionnaire, expert validation sheets, a System Usability Scale (SUS) questionnaire, and pretest-posttest learning outcome tests. The results indicate that the media is feasible, practical, and effective in improving student learning outcomes, and that the developed model shows good classification accuracy.*

Keywords: *adaptive learning media, machine learning, learning outcomes, mathematics, Random Forest*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran matematika adaptif berbasis *machine learning* serta menguji kelayakan dan efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Media dikembangkan menggunakan model penelitian dan pengembangan 4D (*define, design, develop, disseminate*). Algoritma *Random Forest* digunakan untuk mengklasifikasikan kemampuan siswa ke dalam tiga kategori (rendah, sedang, tinggi) berdasarkan riwayat pengerjaan soal, sehingga media dapat menyesuaikan tingkat kesulitan latihan secara otomatis. Subjek uji coba penelitian adalah siswa kelas VIII SMP Tamansiswa Sukadamai. Data dikumpulkan melalui angket analisis kebutuhan, lembar validasi ahli, angket *System Usability Scale* (SUS), serta tes hasil belajar (pretest dan posttest). Hasil penelitian menunjukkan bahwa media dinyatakan layak, praktis, dan efektif meningkatkan hasil belajar siswa, serta model yang dikembangkan menunjukkan akurasi klasifikasi yang baik.

Kata kunci: *media pembelajaran adaptif, machine learning, hasil belajar, matematika, Random Forest*

PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu mata pelajaran yang berperan penting dalam membentuk kemampuan berpikir logis, sistematis, dan analitis peserta didik, sehingga penguasaannya menjadi salah satu indikator penting kualitas pendidikan suatu negara. Meski demikian, capaian kemampuan matematika siswa Indonesia masih

tergolong rendah. Hasil PISA 2022 menunjukkan skor rata-rata matematika siswa Indonesia berada di angka 366, menempatkan Indonesia pada peringkat sekitar ke-70 dari 81 negara peserta (OECD, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di Indonesia masih perlu dibenahi, salah satunya melalui pemanfaatan teknologi yang mampu menyesuaikan proses

belajar dengan kebutuhan masing-masing siswa.

Namun demikian, media pembelajaran matematika yang banyak digunakan saat ini umumnya masih bersifat statis dan seragam. Seluruh siswa menerima materi dan soal latihan yang sama tanpa memperhatikan kemampuan awal maupun kecepatan belajar masing-masing siswa. Akibatnya, siswa yang sudah menguasai materi cenderung merasa kurang tertantang, sedangkan siswa yang belum siap justru mengalami kesulitan mengikuti pembelajaran sehingga motivasi belajarnya menurun.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis Android (Hapsari & Fahmi, 2021), multimedia pembelajaran berbasis *Cognitive Load Theory* (Kurniawati, Hadi, & Rulviana, 2018), maupun multimedia tutorial berbasis *Problem Based Learning* (Kurnia, Marzal, & Zurwen, 2022). Media-media tersebut terbukti mampu meningkatkan hasil belajar siswa, tetapi umumnya belum dilengkapi mekanisme yang dapat menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara otomatis berdasarkan kemampuan masing-masing siswa. Penelitian yang mengintegrasikan kecerdasan buatan ke dalam media pembelajaran matematika juga mulai berkembang, misalnya media interaktif berbasis *AI* untuk siswa sekolah dasar yang menunjukkan bahwa integrasi *machine learning* dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa (Huda, 2025).

Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus memanfaatkan algoritma *machine learning* untuk mengklasifikasikan kemampuan siswa sekaligus menyesuaikan tingkat kesulitan latihan secara otomatis pada jenjang SMP masih terbatas. Sebagian besar media yang beredar hanya menampilkan materi dan latihan tanpa mekanisme adaptif yang didasarkan pada data riwayat belajar siswa. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengembangkan media pembelajaran

matematika adaptif yang memanfaatkan algoritma *machine learning* untuk mengklasifikasikan kemampuan siswa ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan riwayat pengerjaan soal, sehingga media dapat memberikan latihan dengan tingkat kesulitan yang sesuai bagi setiap siswa.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengembangkan media pembelajaran matematika adaptif berbasis *machine learning*, dan (2) mengevaluasi kelayakan, kepraktisan, serta efektivitas media tersebut dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model 4D, yang terdiri atas tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan menghasilkan produk berupa media pembelajaran yang teruji kelayakan, kepraktisan, dan keefektifannya (Thiagarajan, dalam Sugiyono, 2019).

Subjek uji coba dalam penelitian ini adalah siswa kelas VIII SMP Tamansiswa Sukadamai yang berjumlah 30 siswa, dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Pada tahap *define*, dilakukan analisis kebutuhan melalui observasi pembelajaran, wawancara dengan guru matematika, dan angket kepada siswa untuk mengidentifikasi kesulitan belajar dan kebutuhan media. Pada tahap *design*, dirancang struktur media, alur penggunaan, serta desain antarmuka yang meliputi halaman materi, video, kuis, latihan adaptif, dan *dashboard* rekomendasi belajar.

Pada tahap *develop*, media dikembangkan menggunakan Python (*Flask*) untuk sisi *back-end* dan HTML/JavaScript untuk antarmuka pengguna. Data untuk melatih model *machine learning* diperoleh dari riwayat pengerjaan latihan siswa pada media,

meliputi nilai awal, jumlah latihan yang dikerjakan, rata-rata waktu pengerjaan soal, jumlah jawaban benar, dan frekuensi belajar per minggu. Label atau target klasifikasi terdiri atas tiga kategori kemampuan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, yang ditentukan berdasarkan kombinasi nilai dan tingkat penguasaan materi.

Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Random Forest* (Breiman, 2001), yaitu algoritma *ensemble learning* yang membangun sejumlah pohon keputusan (*decision tree*) dan menggabungkan hasilnya untuk meningkatkan akurasi serta mengurangi risiko *overfitting*. Algoritma *XGBoost* (Chen & Guestrin, 2016) turut dipertimbangkan pada tahap awal sebagai pembanding, namun *Random Forest* dipilih sebagai model utama karena kemudahan interpretasi dan performa yang memadai untuk skala data pada penelitian ini. Model dilatih menggunakan skema pembagian data latih dan data uji sebesar 80:20, kemudian dievaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Setelah siswa menyelesaikan suatu latihan, sistem memperbarui data riwayat belajar, menjalankan model untuk memprediksi kategori kemampuan siswa, menentukan tingkat kesulitan soal berikutnya, dan menampilkan rekomendasi materi kepada siswa dan guru melalui *dashboard*.

Pada tahap *disseminate*, dilakukan uji coba terbatas dan uji coba lapangan pada subjek penelitian. Kevalidan media dianalisis dari lembar validasi ahli media dan ahli materi menggunakan skala Likert 1–4. Kepraktisan media dianalisis dari angket *System Usability Scale* (SUS) yang diisi siswa setelah menggunakan media. Keefektifan media dianalisis melalui skor pretest dan posttest, dihitung nilai N-Gain, serta uji *t* berpasangan untuk menguji signifikansi perbedaan skor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, sebagian besar siswa mengalami kesulitan mengikuti pembelajaran matematika yang bersifat klasikal karena perbedaan kemampuan awal, sedangkan guru menyatakan membutuhkan media yang dapat memberikan latihan sesuai kemampuan siswa tanpa harus menyusun soal berjenjang secara manual.

Media yang dikembangkan terdiri atas beberapa halaman utama, yaitu halaman masuk (*login*), *dashboard* siswa, halaman materi, halaman latihan adaptif, serta halaman rekomendasi belajar. Hasil validasi ahli media dan ahli materi menunjukkan bahwa media berada pada kategori layak digunakan dengan sedikit revisi pada aspek tertentu.

Pengujian model *Random Forest* pada data uji menghasilkan performa sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Performa Model Machine Learning

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	F1-score (%)
Random Forest	92,5	91,4	92,9

Hasil uji kepraktisan menggunakan angket *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan skor rata-rata sebesar 73,22, termasuk dalam kategori *acceptable* (dapat diterima).

Hasil pretest, posttest, dan N-Gain disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain

Aspek	Nilai
Rata-rata Pretest	55,20
Rata-rata Posttest	80,45
N-Gain	0,56 (kategori Cukup)

Integrasi *machine learning* pada media pembelajaran berpotensi meningkatkan hasil belajar siswa karena soal yang diberikan disesuaikan dengan kemampuan masing-masing siswa, sehingga dapat mengurangi rasa bosan pada siswa yang sudah mahir maupun rasa frustrasi pada siswa yang masih kesulitan. Media semacam ini juga memungkinkan guru memantau perkembangan belajar siswa secara lebih

personal melalui *dashboard* rekomendasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis kecerdasan buatan dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa (Huda, 2025). Meskipun demikian, penerapan media adaptif berbasis *machine learning* juga menghadapi tantangan, seperti kebutuhan data riwayat belajar yang memadai untuk melatih model serta kesiapan infrastruktur teknologi di sekolah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran matematika adaptif berbasis *machine learning* berhasil dikembangkan melalui model 4D. Media dinyatakan layak digunakan berdasarkan validasi ahli, praktis digunakan berdasarkan hasil angket SUS, serta efektif meningkatkan hasil belajar siswa berdasarkan peningkatan skor pretest ke posttest dan nilai N-Gain. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah data pelatihan model *machine learning* serta menguji media pada populasi dan lokasi penelitian yang lebih luas agar hasil dapat digeneralisasi dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794.
- Hapsari, D. I. S., & Fahmi, S. (2021). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis android pada operasi pada matriks. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 7(1), 9–10.

Huda, H. (2025). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis AI untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa SD Negeri Kumbo. *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*.

Kurnia, B. N., Marzal, J., & Zurwen. (2022). Pengembangan multimedia pembelajaran matematika model tutorial berbasis problem based learning pada materi aritmatika sosial untuk siswa SMP/MTs. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 910–924.

Kurniawati, R. P., Hadi, F. R., & Rulviana, V. (2018). Pengembangan multimedia pembelajaran berbasis Cognitive Load Theory (CLT) pada materi volume kubus dan balok di sekolah dasar.

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221.