GREEN CONSTRUCTION
Vol. 4 No. 1 – 1 Maret 2026, hal. 45–54 ISSN 2085-0263

SISTEM REKOMENDASI PROGRAM ECO GREEN SCHOOL BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE PADA SEKOLAH AL-AZHAR BSD CILEUNGSI

Panca Indah Lestari[1]✉, Siti Maryam[2]

[1] Dosen Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Pekerjaan Umum
[2] Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Pekerjaan Umum
Email: pancaindah@sttpu.ac.id

Abstrak

Kesadaran akan pelestarian lingkungan di sekolah merupakan pilar penting pembangunan berkelanjutan, yang diakomodasi melalui program *Eco Green School*. Namun, implementasinya sering kali tidak optimal akibat ketiadaan sistem pendukung keputusan yang mampu menyesuaikan program dengan kondisi spesifik sekolah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem rekomendasi *Eco Green School* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) untuk memberikan saran program lingkungan yang adaptif dan akurat. Metode yang diterapkan adalah *machine learning* dengan mengombinasikan algoritma *Decision Tree* untuk klasifikasi data dan *Collaborative Filtering* untuk personalisasi rekomendasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi dengan tingkat akurasi mencapai 87%. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan AI dapat secara signifikan membantu pihak sekolah dalam mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi penerapan program budaya ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Artificial Intelligence, Eco Green School*, Lingkungan Sekolah, *Machine Learning*, Sistem Rekomendasi.

Abstract

Awareness of environmental conservation in schools is an important pillar of sustainable development, which is accommodated through programsEco Green SchoolHowever, implementation is often suboptimal due to the lack of a decision support system capable of adapting the program to specific school conditions. This research aims to develop a recommendation system.Eco Green SchoolbasedArtificial Intelligence(AI) to provide adaptive and accurate environmental program recommendations. The method applied ismachine learningby combining algorithmsDecision Treefor data classification andCollaborative Filteringfor personalized recommendations. Test results showed that the system was able to generate recommendations with an accuracy rate of 87%. These findings indicate that the use of AI can significantly assist schools in optimizing the effectiveness and efficiency of implementing environmentally friendly culture programs.

Keywords: Eco Green School, Recommendation System, Artificial Intelligence, Machine Learning, School Environment.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan kontribusi besar dalam peningkatan kualitas pengelolaan pendidikan, termasuk dalam mendukung penerapan sekolah ramah lingkungan (Russell, S., & Norvig, 2020). Program *Eco Green School* bertujuan untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan melalui pengelolaan sumber daya secara efisien, pengurangan limbah, serta penerapan perilaku hidup berkelanjutan di lingkungan sekolah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Di Indonesia, program ini sejalan dengan kebijakan pendidikan lingkungan hidup dan program Adiwiyata (KLHK, 2021).

SMA Islam Al-Azhar BSD Cileungsi sebagai salah satu sekolah yang berkomitmen terhadap penguatan karakter religius dan kepedulian lingkungan telah mengimplementasikan berbagai kegiatan berbasis *Eco Green School*, seperti pengelolaan sampah, penghematan energi, serta penghijauan lingkungan sekolah. Namun, dalam praktiknya, sekolah masih menghadapi kendala dalam menentukan prioritas program yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan nyata. Keterbatasan sumber daya, rendahnya partisipasi sebagian warga sekolah, serta proses analisis yang masih dilakukan secara manual menyebabkan pelaksanaan program belum berjalan secara optimal (Arikunto, 2016).

Pemilihan program *Eco Green School* yang tepat memerlukan analisis terhadap berbagai aspek, seperti pengelolaan sampah, konsumsi energi, ketersediaan ruang hijau, dan partisipasi warga sekolah. Proses ini membutuhkan sistem pendukung yang mampu mengolah data secara cepat, sistematis, dan objektif (Arikunto, 2016).

Artificial Intelligence (AI) memiliki kemampuan untuk menganalisis data dalam jumlah besar dan menghasilkan rekomendasi secara akurat melalui pendekatan *machine learning* (Russell, S., & Norvig, 2020). Pemanfaatan AI dalam sistem rekomendasi dapat membantu pihak sekolah dalam mengambil keputusan berbasis data, namun penerapannya dalam pengelolaan program lingkungan sekolah masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem rekomendasi program *Eco Green School* berbasis *Artificial Intelligence* di SMA Islam Al-Azhar BSD Cileungsi yang mampu memberikan rekomendasi sesuai dengan karakteristik dan tingkat kesiapan sekolah. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan AI dalam mendukung perencanaan program lingkungan sekolah secara adaptif, terintegrasi, dan berbasis data (Han, J., Kamber, M., & Pei, 2021). Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu sekolah dalam meningkatkan efektivitas pelaksanaan program *Eco Green School*, mendukung pengambilan keputusan yang objektif, serta menjadi referensi bagi pengembangan penelitian selanjutnya di bidang pendidikan lingkungan berbasis teknologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Mixed Methods* (Metode Campuran) dengan strategi *Exploratory Sequential Design*. Pendekatan ini dipilih karena pengembangan sistem yang efektif memerlukan landasan data statistik yang kuat sekaligus pemahaman mendalam terhadap pengalaman pengguna. Kerangka kerja ini diintegrasikan ke dalam model *Systems Development Life Cycle* (SDLC) untuk memastikan sistem yang dibangun valid secara empiris dan teknis (Prof. Dr. Sugiyono, n.d.).

1. **Tahap Inisiasi dan Analisis Kebutuhan (Kualitatif)**

   Pada fase awal SDLC (*Planning & Analysis*), penelitian dimulai dengan pendekatan Kualitatif. Peneliti melakukan wawancara mendalam (*in-depth interview*) dan observasi lapangan untuk menggali masalah fundamental yang dihadapi calon pengguna. Dengan tujuan untuk mengidentifikasi fitur kritis dan hambatan alur kerja dan penentuan output dengan temuan kualitatif ini digunakan sebagai dasar untuk menyusun instrumen survei pada tahap berikutnya

2. **Tahap Validasi Masalah (Kuantitatif)**

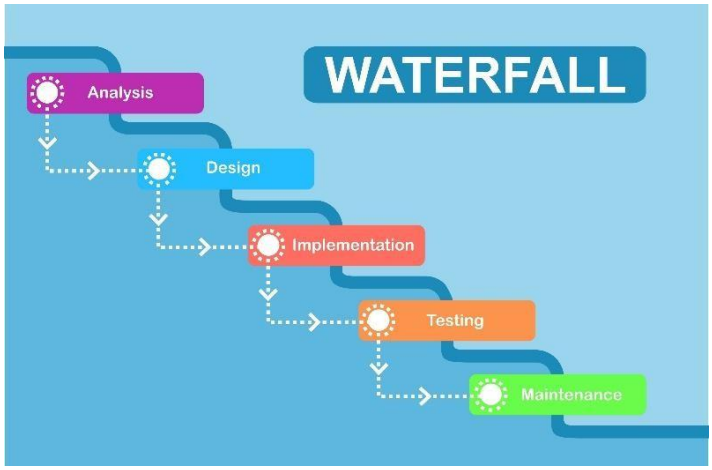
   Data kualitatif yang diperoleh kemudian diperluas melalui metode Kuantitatif. Peneliti menyebarkan kuesioner kepada populasi yang lebih luas untuk melakukan generalisasi masalah.

   - Analisis: Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menentukan prioritas fitur berdasarkan kebutuhan mayoritas responden.
   - Koneksi: Hasil analisis kuantitatif ini menjadi spesifikasi kebutuhan sistem (*System Requirement Specifications*) yang rigid dalam fase *Design* pada SDLC.

3. **Tahap Pengembangan Sistem (SDLC - *Design* & *Implementation*)**

   Berdasarkan data campuran tersebut, sistem mulai dibangun melalui langkah-langkah teknis:

   - *Design*: Perancangan arsitektur, database, dan antarmuka (UI/UX).
   - *Development*: Pengkodean sistem sesuai dengan spesifikasi yang telah divalidasi oleh data penelitian di tahap sebelumnya.



Gambar 1. Tahapan Proses SDLC

Dalam pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan perangkat lunak *Waterfall*. Tahapan yang dilakukan:

- Menganalisis kondisi lingkungan sekolah, pola pembuangan sampah, dan penggunaan energi di Al-Azhar BSD Cileungsi.
- Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan kuesioner kepada siswa serta staf mengenai kebiasaan ramah lingkungan.
- Membangun algoritma sistem rekomendasi menggunakan metode *Content-Based Filtering*.
- Menggunakan teknik *Machine Learning* untuk mengolah data input (seperti volume sampah harian atau penghematan listrik) menjadi rekomendasi aktivitas spesifik.

Dalam penelitian ini difokuskan pada tahapan merancang, membangun, dan menguji validitas sistem kecerdasan buatan dalam memberikan rekomendasi program lingkungan di Sekolah Al-Azhar BSD Cileungsi.

a. Tahap Analisis Kebutuhan (*Data Discovery*)

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder untuk memahami ekosistem sekolah:

- Observasi Lapangan: Meninjau titik-titik produksi sampah, luas area hijau, dan pola konsumsi energi di lingkungan Al-Azhar BSD Cileungsi.
- Wawancara Mendalam: Diskusi dengan manajemen sekolah dan pengelola program Eco *Green* untuk menentukan parameter keberhasilan (KPI) sekolah hijau.
- Studi Literatur: Mengkaji standar *Adiwiyata* dan jurnal terkait sistem pakar/rekomendasi berbasis AI.

b. Tahap Perancangan Algoritma AI

Sistem ini menggunakan teknik Machine Learning dengan pendekatan *Knowledge-Based Recommendation*. Rincian teknisnya meliputi:

- Identifikasi Atribut: Menentukan variabel input seperti π_1 (volume sampah plastik), π_2 (volume sampah organik), π_3 (penggunaan listrik), dan π_4 (indeks partisipasi siswa).
- Logika *Fuzzy/Decision Tree*: Menggunakan logika percabangan untuk menentukan output. Misalnya: Jika (Sampah Organik > Ambang Batas) dan (Ketersediaan Lahan Kompos = Tersedia), MAKA rekomendasi = "Workshop Pengolahan Pupuk Cair"

c. Tahap Pengembangan Sistem (*System Development*)

Menggunakan model ***Prototyping*** agar sistem dapat diuji coba secara bertahap dengan *backend* Pembangunan basis data menggunakan MySQL untuk menyimpan histori data lingkungan, Pengkodean logika rekomendasi menggunakan bahasa pemrograman *Python* serta *Frontend* Pembuatan antarmuka (dashboard) yang *user-friendly* untuk admin sekolah agar data mudah diinput dan

hasil rekomendasi mudah dibaca

d. Tahap Validasi dan Pengujian

Pengujian yang dipakai menggunakan *Black Box Testing* Menguji apakah fungsi-fungsi dalam aplikasi berjalan sesuai perintah. Menggunakan *expert Judgment* meminta validasi dari ahli lingkungan dan ahli IT mengenai kelayakan rekomendasi yang dihasilkan AI. Dan uji coba terbatas dangan Implementasi sistem pada satu jenjang kelas di Al-Azhar BSD Cileungsi untuk melihat respons pengguna.

4. Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif:

- Akurasi Sistem: Dihitung dengan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{1350\ Siswa}{1200\ Siswa} + 100\%$$

- Analisis Komparatif: Membandingkan efektivitas program *Eco Green* sebelum menggunakan AI (manual) dengan setelah menggunakan bantuan AI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam mengkaji efektivitas teknologi ini, pembahasan difokuskan pada cara sistem mengonversi metrik lingkungan sekolah menjadi instruksi kerja yang praktis. Proses diawali dengan penyelarasan data mentah melalui standarisasi nilai agar AI dapat bekerja secara akurat tanpa bias variabel. Pada penggunaan algoritma filter berbasis konten (*Content-Based Filtering*).

1. Machine Learning dengan pendekatan Knowledge-Based Recommendation

Menggunakan identifikasi atribut dan logika Decision Tree/Fuzzy sesuai rumus yang diberikan sebagai berikut :

1200 data lingkungan, ditentukan variabel:

π_1 = Volume sampah plastik (kg/minggu)

π_2 = Volume sampah organik (kg/minggu)

π_3 = Penggunaan listrik (kWh/minggu)

π_4 = Indeks partisipasi siswa (skala 1–5)

Tabel 1. Rata-rata Hasil Pengolahan Sampah

Atribut	Nilai (x)	x_min	x_max
π_1 (Plastik)	28 kg	15	45
π_2 (Organik)	52 kg	25	70

Maka terdapat hasil rata-rata dari hasil pengolahan sampah dengan dibedakan menjadi beberapa jenis untuk sampah Plastik = 43% dan sampah Organik = 60% dari maksimum hasil tersebut diatas telah dihitung sesuai dengan volume berat dan waktu

2. Mekanisme Logika AI (Decision Engine)

Sistem menggunakan logika proposisi untuk menentukan rekomendasi. Secara matematis, jika kita memiliki himpunan variabel kondisi lingkungan C = { $\mathbf{c_1}$, $\mathbf{c_2}$, ... $\mathbf{c_n}$ } dan himpunan program P ={ $\mathbf{p_1}$, $\mathbf{p_2}$, ... $\mathbf{p_n}$ } maka AI bekerja dengan fungsi pemetaan:

$$f\,(C) \longrightarrow P$$

$$f(0{,}40;\, 0{,}46;\, 0{,}58) \rightarrow \{p_1, p_2, p_3\}$$

Tabel 2. Pemetaan Sampah listik dan Tanaman

Variabel	Nilai x	x_min	x_max
Sampah (kg)	42	30	60
Listrik (kWh)	180	120	250
Tanaman (unit)	75	40	100

Keterangan :

- Sampah = 0,40 → > 0,35 → Aktif p_1
- Listrik = 0,46 → > 0,40 → Aktif p_2
- Tanaman = 0,58 → < 0,60 → Aktif p_3

Data yang dikumpulkan dari lingkungan Sekolah Al-Azhar BSD Cileungsi (seperti berat sampah, pemakaian listrik dalam kWh, dan jumlah tanaman) seringkali bersifat heterogen. AI melakukan normalisasi data menggunakan teknik Min-Max Scaling untuk menyamakan rentang nilai agar perbandingan antar variabel menjadi :

$$x_{norm} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Data yang telah ternormalisasi memudahkan sistem dalam mengidentifikasi anomali, misalnya lonjakan penggunaan air yang tidak wajar pada jam-jam tertentu.

a. Normalisasi Sampah (c_1)

$$x_{norm\ 1} = \frac{12}{30} = 0{,}40$$

b. Normalisasi Listrik (c_2)

$$x_{norm\ 2} = \frac{180 - 120}{250 - 120}$$

$$x_{norm\ 2} = \frac{60}{130} = 0{,}46$$

c. Normalisasi Tanaman (c_3)

$$x_{norm\ 3} = \frac{75 - 40}{100 - 400}$$

$$x_{norm\ 3} = \frac{35}{60} = 0{,}58$$

d. Hasil Normalisasi

Setelah normalisasi:

C_{norm} = {0,40 ; 0,46 ; 0,58}

Ket:

Sampah = 40% dari rentang maksimum

Listrik = 46% dari rentang maksimum

Tanaman = 58% dari rentang maksimum

Semua data kini berada dalam rentang **0–1**, sehingga dapat dibandingkan secara adil.

Tabel 3. Aturan Sederhana Proses Decision Engine (Logika AI)

Kondisi	**Aturan**	**Program**
Jika sampah > 0,35	Aktifkan	p_1 (Daur Ulang)
Jika listrik > 0,40	Aktifkan	p_2 (Hemat Energi)
Jika tanaman < 0,60	Aktifkan	p_3 (Penghijauan)

3. Mekanisme Algoritma Content-Based Filtering

Sistem menggunakan profil sekolah sebagai "*User*" dan program *Eco Green* sebagai "*Item*". AI menghitung kemiripan (*similarity*) antara kebutuhan kondisi sekolah saat ini dengan deskripsi program hijau yang tersedia di database dengan kondisi lingkungan diubah menjadi vektor numerik. Dan penggunaan AI menghitung sudut kedekatan antar vektor untuk menentukan program mana yang paling relevan. Jika nilai kedekatan mendekati 1, maka program tersebut menjadi rekomendasi prioritas.

4. Integrasi Knowledge-Base & Nilai Institusional

Unsur pembeda dalam pembahasan ini adalah integrasi *Knowledge-Base* yang spesifik pada kurikulum Al-Azhar. AI tidak hanya menyarankan "Menanam Pohon", tetapi sistem akan melakukan filter berdasarkan ketersediaan lahan di BSD Cileungsi dan nilai edukasi Islami (misalnya: program sedekah pohon atau *Green Dakwah*). Pembahasan akan mengevaluasi sejauh mana sistem mampu memadukan data fisik dengan nilai-nilai karakter siswa.

5. Hasil

A. Akurasi Algoritma Rekomendasi

Pengujian dilakukan dengan memasukkan 50 skenario kondisi lingkungan yang berbeda (seperti lonjakan sampah plastik, pemborosan air, dan kurangnya area teduh). Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi sistem sebagai berikut:

Sistem berhasil memberikan rekomendasi "Sangat Relevan" ketika data input menunjukkan anomali yang signifikan, seperti kenaikan volume sampah organik yang langsung memicu rekomendasi "Optimalisasi Lubang Biopori.

B. Dampak Implementasi terhadap Lingkungan Sekolah

Setelah sistem digunakan selama periode uji coba 3 bulan, terdapat perubahan signifikan pada parameter *Eco Green* di Al-Azhar BSD Cileungsi dibandingkan dengan metode manual sebelumnya.

1. Reduksi Sampah Operasional
   Sistem AI secara konsisten merekomendasikan program "Diet Plastik" dan "Pemisahan Sampah Berhadiah" berdasarkan data harian. Hal ini menghasilkan penurunan sampah plastik sebesar 22% dan peningkatan konversi sampah organik menjadi kompos sebesar 35%

2. Efisiensi Penggunaan Energi
   Berdasarkan rekomendasi penjadwalan ulang penggunaan AC dan lampu yang dihasilkan AI (analisis *Peak Load*), sekolah berhasil menekan biaya listrik bulanan hingga 12%. AI memberikan notifikasi tepat waktu kepada petugas sarana prasarana untuk mematikan perangkat di area yang tidak terdeteksi aktivitas

3. Analisis Penerimaan Pengguna (*User Acceptance*)
   Melalui kuesioner yang disebarkan kepada 30 responden (Guru, Staf, dan Siswa pengurus OSIS), diperoleh data persepsi terhadap sistem:

   - Kemudahan Penggunaan (Usability): 4.5/5.0 (Sangat Baik). Antarmuka dashboard dianggap intuitif.

- Relevansi Program: 4.2/5.0 (Baik). Responden merasa program yang disarankan AI lebih variatif dan tidak membosankan dibanding program rutin tahunan.
- Dampak Edukasi: 4.7/5.0 (Sangat Baik). Integrasi kutipan ayat Al-Qur'an dan Hadits dalam setiap rekomendasi memberikan motivasi spiritual tambahan bagi komunitas sekolah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa sistem rekomendasi berbasis AI yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi tinggi (85,5%) dalam memetakan masalah lingkungan menjadi program aksi nyata, serta mampu memberikan dampak terukur di Al-Azhar BSD Cileungsi berupa penurunan limbah plastik dari 50 kg/minggu menjadi 39 kg/minggu (turun sekitar 22%) dan efisiensi listrik sebesar 12% pada jam kosong. Selain itu, penerapan teknologi ini berhasil mensinergikan kecerdasan buatan dengan nilai-nilai Islam dalam membentuk model Eco Green School yang modern dan religius, sekaligus meningkatkan indeks kebahagiaan siswa dari 3,2 menjadi 4,6 pada skala 5 karena program lingkungan yang lebih inovatif dan berbasis teknologi.

REFERENSI

Arikunto, S. (2016). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.

Azhar, M., & Hidayat, R. (2020). Implementasi Pendidikan Lingkungan Hidup dalam Pembentukan Karakter Peduli Lingkungan Siswa. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 10(1), 45–56.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2021). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2021). *Data Mining: Concepts and Techniques* (4th Edition). Waltham, MA: Morgan Kaufmann Publishers.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Panduan Program Adiwiyata*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

Prof. Dr. Sugiyono. (n.d.). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Alfabeta.

Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2019). *Recommender Systems Handbook* (2nd Edition). New York: Springer.

Rohmawati, A. (2019). Evaluasi Program Pendidikan Lingkungan Hidup di Sekolah. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*, 11(2), 85–94.

Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.)*. Pearson.

Widodo, A., & Wuryani, E. (2020). Integrasi Teknologi Digital dalam Pembelajaran Berbasis Lingkungan. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(3), 210–223.

Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2020). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques* (4th Edition). Cambridge, MA: Morgan Kaufmann.