

Aksesibilitas Web *E-learning* untuk Rekomendasi Materi Bagi Anak Berkebutuhan Khusus Menggunakan *Decision Tree*

¹Ika Kartika, ²Muhammad Adenin, ³Samidi

^{1*,2,3}Magister Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Budi Luhur, Jakarta Selatan, Indonesia

*Korespondensi: 2311601971@student.budiluhur.ac.id

Submit : 05 Agust 2026 | Diterima : 13 Sept 2026 | Terbit : 17 Sept 2026

ABSTRACT

The development of digital technology encourages the use of e-learning systems as flexible learning media, but their implementation is still not fully inclusive for Children with Special Needs (ABK). The differences in the characteristics and learning styles of ABK require an adaptive, personalized learning system. This study aims to develop an adaptive web-based e-learning system by implementing the Decision Tree algorithm to classify students' learning styles and provide appropriate learning recommendations. The research method is a quantitative approach, with data collection via questionnaires, data preprocessing, model training, and evaluation using a confusion matrix. The dataset comprises 619 ABK students in the blind and deaf categories. The results show that the Decision Tree algorithm achieves an average accuracy of 95%, higher than that of the Random Forest algorithm. The resulting model is well-interpretable, making it easier for educators to understand the classification process. The implementation of the model in the e-learning system provides learning material recommendations tailored to students' learning styles, thereby increasing the accessibility and effectiveness of learning. This research contributes to the development of an inclusive artificial intelligence-based adaptive learning system for ABK.

Keywords: Automatic Response, Children with Special Needs (ABK), E-learning, artificial intelligence (AI), Machine learning.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital mendorong pemanfaatan sistem e-learning sebagai media pembelajaran yang fleksibel, namun implementasinya masih belum sepenuhnya inklusif bagi Anak Berkebutuhan Khusus (ABK). Perbedaan karakteristik dan gaya belajar pada ABK menuntut adanya sistem pembelajaran yang adaptif dan personal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem e-learning berbasis web yang adaptif dengan menerapkan algoritma Decision Tree untuk mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik serta memberikan rekomendasi pembelajaran yang sesuai. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan tahapan pengumpulan data melalui kuesioner, prapemrosesan data, pelatihan model, serta evaluasi menggunakan confusion matrix. Dataset yang digunakan terdiri dari 619 peserta didik ABK dengan kategori tunanetra dan tunarungu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Decision Tree mampu menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 95% yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma Random Forest. Model yang dihasilkan memiliki tingkat interpretabilitas yang baik sehingga memudahkan pendidik memahami proses klasifikasi. Implementasi model pada sistem e-learning mampu memberikan rekomendasi materi pembelajaran yang sesuai dengan gaya belajar peserta didik, sehingga meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas pembelajaran. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan sistem pembelajaran adaptif berbasis kecerdasan buatan yang inklusif bagi ABK.

Kata Kunci: Anak Berkebutuhan Khusus (ABK), E-learning, Kecerdasan buatan (AI), *Machine learning*, Tanggapan Otomatis.

PENDAHULUAN

Transformasi digital dalam bidang pendidikan telah membuka peluang luas untuk meningkatkan akses dan kualitas pembelajaran melalui platform *e-learning*. *E-learning* merupakan sistem pembelajaran berbasis teknologi digital yang memungkinkan proses belajar dilakukan secara fleksibel tanpa batasan ruang dan waktu. Dalam konteks pendidikan inklusif, *e-learning* diharapkan mampu mengakomodasi kebutuhan seluruh peserta didik, termasuk Anak Berkebutuhan Khusus (ABK). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar platform *e-learning* masih belum memenuhi prinsip aksesibilitas bagi peserta didik dengan disabilitas, khususnya tunanetra dan tunarungu. Keterbatasan tersebut meliputi desain antarmuka yang tidak ramah pengguna, kurangnya fitur aksesibilitas, serta penyajian materi yang belum adaptif terhadap kebutuhan individu (Gevorgyan, 2024).

Perkembangan ini belum sepenuhnya mampu menjawab kebutuhan pembelajaran yang inklusif bagi seluruh peserta didik, khususnya Anak Berkebutuhan Khusus (ABK). ABK merupakan peserta didik yang memiliki hambatan fisik, intelektual, sensorik, maupun emosional sehingga memerlukan pendekatan pembelajaran yang adaptif dan personal. Dalam praktiknya, banyak platform *e-learning* masih bersifat umum dan belum mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan individual ABK, sehingga berpotensi memperlebar kesenjangan pembelajaran antara peserta didik reguler dan ABK (Anastasios & Georgia, 2023).

Permasalahan yang dihadapi ABK dalam pembelajaran daring meliputi kesulitan memahami antarmuka, mengakses materi, serta mempertahankan fokus belajar. Hal ini menunjukkan pentingnya pendekatan yang mempertimbangkan karakteristik dan gaya belajar peserta didik. Dua model yang banyak digunakan adalah *Felder-Silverman Learning Style Model* (FSLSM) dan VAK (*Visual, Auditory, Kinesthetic*). FSLSM mencakup empat dimensi utama, yaitu *Active-Reflective*, *Sensing-Intuitive*, *Visual-Verbal*, dan *Sequential-Global* (Silverman & Forum, 2002), sedangkan VAK mengelompokkan gaya belajar berdasarkan preferensi sensorik utama, yaitu visual, auditori, dan kinestetik (Fleming et al., 1992).

Dalam konteks ABK, gaya belajar memiliki peran yang lebih signifikan karena keterbatasan sensorik memengaruhi cara peserta didik memahami informasi. Peserta didik tunanetra cenderung menggunakan pendekatan auditori, sedangkan peserta didik tunarungu lebih dominan menggunakan pendekatan visual, sehingga diperlukan sistem yang adaptif terhadap perbedaan tersebut (Hassen, 2025). Penerapan model gaya belajar tersebut sangat relevan dalam konteks ABK. Penelitian menunjukkan bahwa peserta didik tunarungu cenderung menggunakan gaya belajar visual dan kinestetik, sedangkan peserta didik tunanetra lebih mengandalkan pendekatan auditori dan kinestetik (Borgia et al., 2014). Oleh karena itu, sistem pembelajaran yang tidak adaptif terhadap variasi gaya belajar berpotensi meningkatkan hambatan dalam proses belajar. Dalam hal ini, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) hadir sebagai solusi potensial untuk menciptakan sistem pembelajaran yang lebih adaptif, responsif, dan personal (Yahya et al., 2024).

Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam *e-learning* memungkinkan sistem memahami pola belajar peserta didik, mengenali kesulitan belajar, serta menyesuaikan materi secara dinamis. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah algoritma *Decision Tree* untuk mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik berdasarkan model FSLSM dan VAK. Untuk memastikan kinerja model yang optimal, dilakukan pula perbandingan dengan algoritma *Random Forest* sebagai metode pembandingan dalam proses klasifikasi (Alruwais & Zakariah, 2023). Pendekatan ini memungkinkan pemberian rekomendasi pembelajaran yang lebih tepat sesuai dengan kebutuhan peserta didik ABK. Selain itu, penggunaan model klasifikasi ini juga mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih transparan dan mudah dipahami oleh para pendidik. Hal ini penting untuk memastikan bahwa rekomendasi yang dihasilkan dapat diterapkan secara efektif dalam proses pembelajaran.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan *machine learning* pada sistem *e-learning* adaptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *machine learning* mampu meningkatkan akurasi klasifikasi gaya belajar serta efektivitas rekomendasi pembelajaran. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada peserta didik umum dan belum secara khusus mengakomodasi kebutuhan ABK (Pagliara et al., 2024). Selain itu, beberapa studi menggunakan algoritma seperti *Random Forest* yang memiliki tingkat akurasi tinggi, namun cenderung memiliki keterbatasan dalam hal interpretabilitas model. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, algoritma *Random Forest* digunakan sebagai metode pembandingan untuk mengevaluasi kinerja *Decision Tree* dalam proses klasifikasi.

Berdasarkan tinjauan literatur, penelitian ini mengisi celah dalam pengembangan sistem

e-learning adaptif bagi Anak Berkebutuhan Khusus (ABK) dengan menekankan aspek aksesibilitas dan interpretabilitas. Kebaruannya terletak pada pengembangan sistem e-learning berbasis web yang mengintegrasikan algoritma Decision Tree untuk klasifikasi gaya belajar yang mudah diinterpretasikan, dengan Random Forest sebagai metode pembandingan, serta menghubungkan hasil klasifikasi tersebut dengan rekomendasi pembelajaran adaptif. Penelitian ini bertujuan menghasilkan model klasifikasi yang akurat dan transparan untuk mendukung penyediaan materi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik, sehingga meningkatkan aksesibilitas, efektivitas, dan kemandirian belajar ABK dalam lingkungan pembelajaran yang inklusif (Alatawi, 2024).

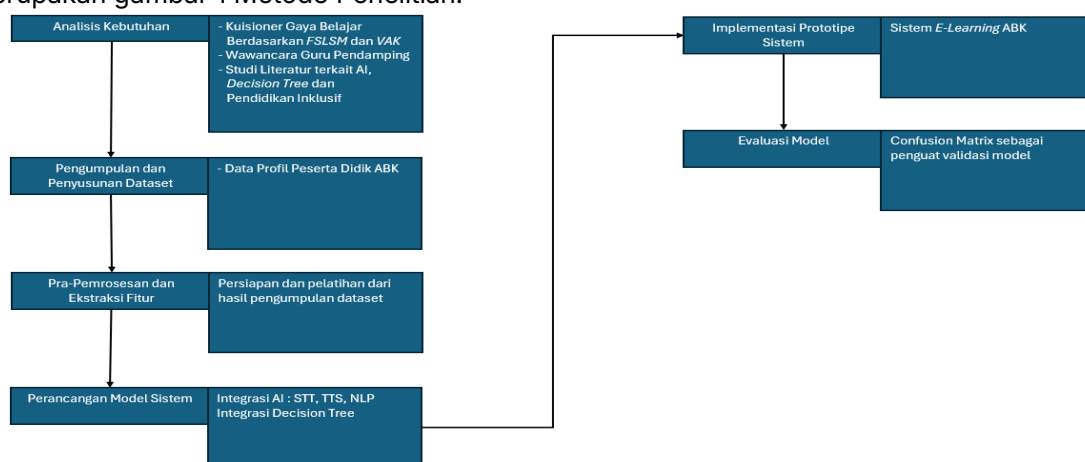
Selain itu, penelitian ini juga memberikan pendekatan integratif dengan memanfaatkan model gaya belajar sebagai dasar untuk mempersonalisasi pembelajaran. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu pendidik memahami karakteristik peserta didik secara lebih sistematis. Hasil penelitian ini juga berpotensi menjadi acuan dalam pengembangan sistem *e-learning* adaptif yang lebih luas di lingkungan pendidikan inklusif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental yang dikombinasikan dengan model penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*). Tujuannya adalah merancang dan membangun sistem e-learning berbasis web yang mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan algoritma *machine learning* untuk meningkatkan aksesibilitas, personalisasi, dan efektivitas pembelajaran bagi peserta didik ABK. Fokus utama penelitian ini adalah penggabungan teknologi kecerdasan buatan seperti TTS, STT, dan NLP dengan algoritma klasifikasi *Decision Tree* (DT).

Tahapan penelitian mengacu pada pengembangan sistem berbasis data (*data-driven system development*) yang diawali dengan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi karakteristik pembelajaran ABK (tunanetra dan tunarungu) melalui kuesioner FSLSM dan VAK, wawancara, serta studi literatur. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dataset yang mencakup profil peserta didik, gaya belajar, dan preferensi pembelajaran, yang kemudian diproses melalui tahap prapemrosesan meliputi pembersihan data, transformasi, normalisasi, *encoding*, diskretisasi, dan seleksi fitur.

Tahap berikutnya adalah perancangan dan implementasi sistem menggunakan algoritma *Decision Tree* sebagai model utama, dengan dukungan teknologi TTS, STT, dan NLP untuk meningkatkan aksesibilitas. Sistem dikembangkan dalam bentuk *e-learning* berbasis web yang mampu memberikan rekomendasi pembelajaran adaptif. Tahap akhir adalah evaluasi model menggunakan *confusion matrix* dengan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, serta perbandingan dengan algoritma lain untuk memperoleh model terbaik. Berikut ini merupakan gambar 1 Metode Penelitian.



Gambar 1. Metode Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah sistem *e-learning* adaptif berbasis web yang dirancang untuk meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas pembelajaran bagi Anak Berkebutuhan Khusus (ABK). Sistem ini mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan untuk mendukung personalisasi pembelajaran. Subjek penelitian terdiri dari peserta didik ABK kategori tunanetra dan tunarungu yang berada pada jenjang pendidikan dasar hingga menengah. Pemilihan subjek

dilakukan menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan karakteristik disabilitas, kemampuan dasar dalam menggunakan teknologi, serta kesiapan untuk mengikuti uji coba sistem. Selain peserta didik, guru pendamping dan terapis juga dilibatkan sebagai responden pendukung untuk memberikan validasi terhadap kebutuhan sistem serta hasil implementasinya.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh data yang komprehensif. Data kuantitatif diperoleh melalui kuesioner gaya belajar yang disusun berdasarkan model FLSM dan VAK untuk mengidentifikasi preferensi belajar peserta didik. Sementara itu, data kualitatif diperoleh melalui wawancara terbimbing dengan guru pendamping, terapis, dan orang tua untuk menggali kebutuhan aksesibilitas, kendala dalam penggunaan *e-learning*, serta harapan terhadap sistem yang dikembangkan. Selain itu, dilakukan studi literatur dan dokumentasi materi pembelajaran sebagai dasar penyusunan dataset serta perancangan sistem.

Tabel 1. Teknik Pengumpulan Data

No	Teknik Pengumpulan Data	Tujuan	Responden / Sumber Data	Instrumen / Alat Ukur	Bentuk Data
1	Wawancara Terbimbing dan Kuesioner Penilaian	Menggali kebutuhan sistem dan kendala pembelajaran ABK, Menilai persepsi terhadap kebutuhan fitur	Guru pendamping, terapis, atau orang tua ABK	Panduan pertanyaan wawancara semi-terstruktur.	Transkrip wawancara
2	Studi Literatur dan Dokumentasi Materi Pembelajaran	Mengidentifikasi pendekatan teknis dan metodologis yang relevan, Menyusun basis data materi ajar yang akan digunakan dalam sistem	Buku, jurnal, artikel ilmiah, laporan riset terdahulu, Modul, lembar kerja peserta didik, audio pembelajaran	Panduan telaah literatur, dan media penyimpanan	Ringkasan kajian teoritis, Data teks, audio, gambar

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini disusun berdasarkan hasil pengumpulan data dari peserta didik ABK serta hasil analisis kebutuhan sistem. Variabel yang digunakan terdiri dari beberapa kelompok utama, yaitu karakteristik peserta didik (jenis disabilitas dan kemampuan dasar), gaya belajar berdasarkan model FLSM, gaya belajar berdasarkan model VAK, serta preferensi media pembelajaran. Variabel target dalam penelitian ini adalah karakteristik gaya belajar yang digunakan sebagai dasar dalam proses klasifikasi dan pemberian rekomendasi materi pembelajaran. Dataset yang telah disusun kemudian digunakan sebagai input dalam proses pelatihan model *Machine learning*.

Tabel 2. Dataset dan Variabel Penelitian

Judul	Deskripsi	Level	Tipe	Metode
Mengenal Kata Benda	Mari mengenal kata benda	dasar	teks	PBL
Kegiatan Pagi Hari 1	Pembelajaran 1	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Pagi Hari 2	pembelajaran 2	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Pagi Hari 1	Pembelajaran 1	dasar	visual	TPS
Kegiatan Pagi Hari 2	Pembelajaran 2	dasar	visual	TPS
Kegiatan Siang Hari 1	Pembelajaran 1	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Siang Hari 1	Pembelajaran 1	dasar	visual	PBL
Kegiatan Siang Hari 2	Pembelajaran 2	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Sore Hari 2	Pembelajaran 2	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Sore Hari 3	Pembelajaran 3	menengah	visual	Inquiry
Kegiatan Sore Hari 3	Pembelajaran 3	menengah	visual	PBL

Judul	Deskripsi	Level	Tipe	Metode
Kegiatan Sore Hari 4	Pembelajaran 4	menengah	visual	Inquiry
Kegiatan Malam Hari 1	Pembelajaran 1	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Malam Hari 1	Pembelajaran 1	dasar	visual	TPS
Kegiatan Malam Hari 2	Pembelajaran 1	dasar	visual	Inquiry
Kegiatan Malam Hari 5	Pembelajaran 5	lanjutan	visual	PBL
Kegiatan Malam Hari 6	Pembelajaran 6	lanjutan	visual	TPS

Tahap pra-pemrosesan dilakukan untuk memastikan kualitas data sebelum digunakan dalam proses pelatihan model. Proses ini meliputi pembersihan data dari nilai kosong dan inkonsistensi, transformasi data ke dalam format numerik, serta normalisasi nilai agar berada dalam rentang yang seragam. Data kategorikal kemudian dikonversi menggunakan teknik *label encoding* dan *one-hot encoding* sesuai kebutuhan algoritma. Selain itu, dilakukan proses diskretisasi terhadap fitur numerik menggunakan pendekatan nilai median untuk mengelompokkan data ke dalam kategori tertentu. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan performa model serta mengurangi kompleksitas data.

Tabel 3. Pra-pemrosesan dan Transformasi Data

Urutan	Judul	Fs_visual	Fs_verbal	Fs_aktif	Fs_reflektif	Fs_sequential	Fs_global	Fs_sensing	Fs_intuitive
1	Pengenalan Materi	1	0	1	0	1	0	1	0
2	Stimulasi Awal	0	1	0	1	0	1	0	0
3	Stimulasi Visual	1	0	0	0	0	1	1	0
4	Menemukan Konsep	0	1	0	1	1	0	0	0
1	Kegiatan Pagi Hari	1	0	0	1	1	0	0	0
2	Kegiatan Pagi Hari	1	0	0	1	1	0	1	0
3	Ayo Berlatih	1	0	0	1	1	0	1	0
4	Ayo Amati	1	0	0	1	1	0	1	0
6	Ayo Amati	1	0	0	1	1	0	1	0
7	Ayo Belajar	1	0	0	1	1	0	1	0
8	Ayo Belajar	1	0	0	1	1	0	1	0
2	Kegiatan Pagi Hari	1	0	0	1	1	0	1	0
1	Ayo Belajar	1	0	0	1	1	0	1	0
2	Ayo Amati	1	0	0	1	1	0	1	0
3	Ayo Kerjakan	1	0	0	1	1	0	1	0
1	Ayo Amati	1	0	0	1	1	0	1	0
1	Ayo Kerjakan	1	0	1	0	1	0	1	0
1	Ayo Belajar	1	0	1	0	1	0	1	0
2	Ayo Kerjakan	1	0	1	0	1	0	1	0
3	Ayo	0	1	1	0	1	0	1	0

Urutan	Judul	Fs_visual	Fs_verbal	Fs_aktif	Fs_reflektif	Fs_sequential	Fs_global	Fs_sensing	Fs_intuitive
1	Belajar Ayo Belajar	0	1	1	0	1	0	1	0
2	Ayo Belajar Kerjakan	0	1	1	0	1	0	1	0
1	Ayo Belajar	1	0	1	0	1	0	1	0
1	Ayo Belajar	1	0	1	0	1	0	1	0
2	Ayo Belajar	1	0	1	0	1	0	1	0

Pemodelan dalam penelitian ini menggunakan algoritma *Decision Tree* dengan pendekatan supervised learning untuk mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik. Proses pembentukan model dilakukan dengan memilih atribut terbaik berdasarkan nilai entropy dan information gain. Entropy digunakan untuk mengukur tingkat ketidakpastian dalam dataset, sedangkan information gain digunakan untuk menentukan atribut yang paling informatif dalam memisahkan data. Proses ini dilakukan secara rekursif hingga terbentuk struktur pohon keputusan yang optimal.

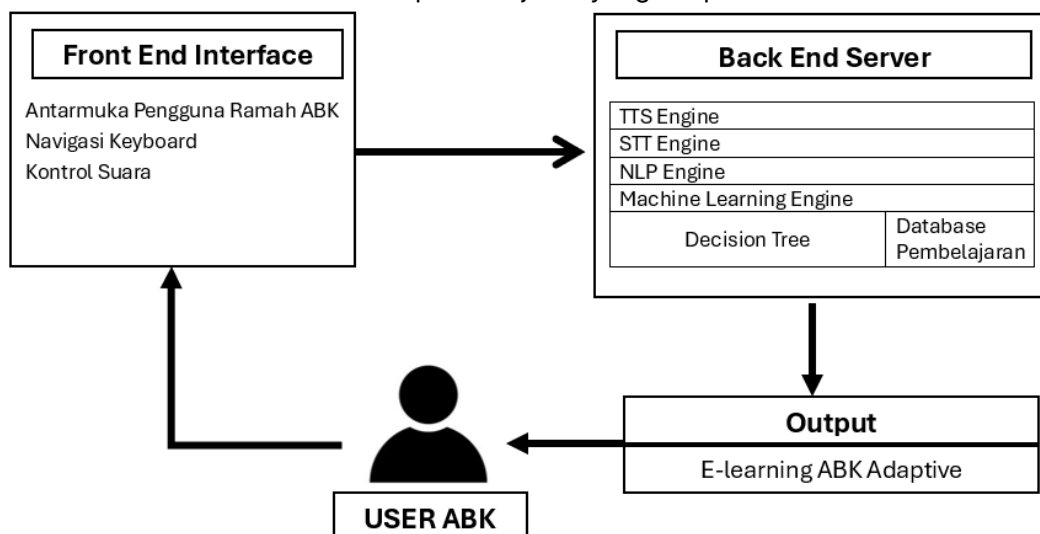
Rumus entropy dinyatakan sebagai berikut:

$$Entropy(S) = \sum_{k=0}^n p_i \log_2(p_i)$$

Sedangkan information gain dihitung dengan:

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \cdot Entropy(S_v)$$

Model yang dihasilkan berupa aturan keputusan yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik serta memberikan rekomendasi pembelajaran yang sesuai. Model *Decision Tree* yang telah dilatih kemudian diintegrasikan ke dalam sistem *e-learning* berbasis web. Sistem dirancang menggunakan arsitektur client-server dengan komunikasi berbasis RESTful API. Implementasi sistem mencakup integrasi teknologi pendukung seperti *Text-to-Speech* (TTS) untuk membantu peserta didik tunanetra, *Speech-to-Text* (STT) untuk input suara, serta *Natural Language Processing* (NLP) untuk memahami interaksi pengguna. Sistem mampu mengklasifikasikan gaya belajar pengguna secara otomatis dan memberikan rekomendasi materi pembelajaran yang adaptif.



Gambar 2. Rancangan Model

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Data

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa dataset yang digunakan dalam penelitian ini telah melalui tahapan prapemrosesan dan transformasi sehingga siap digunakan dalam proses pelatihan model. Dataset terdiri dari data karakteristik peserta didik ABK, gaya belajar berdasarkan FSLSM dan VAK, serta preferensi media pembelajaran. Setelah dilakukan proses encoding dan diskretisasi, seluruh variabel berhasil dikonversi ke dalam format numerik yang sesuai untuk algoritma *Decision Tree*.

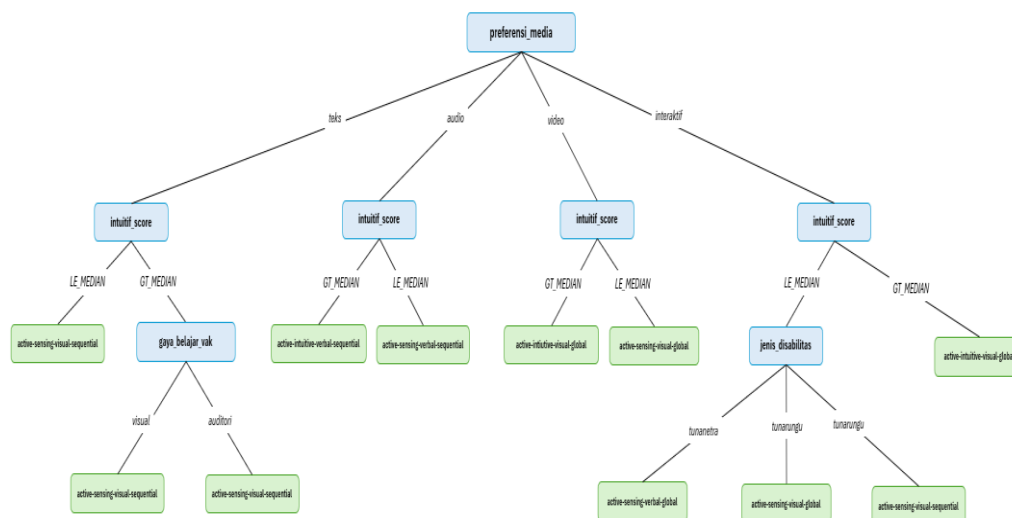
Distribusi data menunjukkan adanya variasi gaya belajar yang cukup signifikan pada peserta didik ABK. Peserta didik tunanetra cenderung memiliki preferensi pada gaya belajar auditori dan kinestetik, sedangkan peserta didik tunarungu lebih dominan pada gaya belajar visual. Temuan ini menguatkan pentingnya sistem pembelajaran adaptif yang mampu menyesuaikan media pembelajaran berdasarkan karakteristik pengguna.

Tabel 4. Hasil Pengolahan Data

ID	<i>FSL</i> <i>SM</i> <i>_Ac</i> <i>tive</i>	<i>FSLS</i> <i>M_Refl</i> <i>ective</i>	<i>FSLS</i> <i>M_Se</i> <i>nsing</i>	<i>FSLS</i> <i>M_Int</i> <i>uitive</i>	<i>FSLS</i> <i>M_Vi</i> <i>sual</i>	<i>FSLS</i> <i>M_Ve</i> <i>rbal</i>	<i>FSLSM</i> <i>_Sequ</i> <i>ential</i>	<i>FSLS</i> <i>M_Gl</i> <i>obal</i>	<i>VAK</i> <i>_Vis</i> <i>ual</i>	<i>VAK</i> <i>Audit</i> <i>ory</i>	<i>VAK</i> <i>Kinest</i> <i>hetic</i>
S1	18	12	20	8	10	22	19	11	12	24	21
S2	21	9	17	13	25	9	14	16	27	10	20
S3	11	19	9	21	13	20	22	8	11	23	10
S4	15	15	18	12	14	21	20	10	9	26	19
S5	20	10	22	8	28	8	13	17	26	11	22

Hasil Pemodelan *Decision Tree*

Hasil pemodelan menggunakan algoritma *Decision Tree* menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Struktur pohon keputusan yang dihasilkan menunjukkan bahwa fitur preferensi media pembelajaran dan gaya belajar VAK menjadi atribut yang paling dominan dalam proses klasifikasi. Model *Decision Tree* menghasilkan aturan klasifikasi dalam bentuk *if-else* yang mudah dipahami, sehingga memudahkan pendidik dalam menginterpretasikan hasil rekomendasi sistem. Hal ini menjadi keunggulan dibandingkan dengan algoritma lain yang bersifat *black-box*.



Gambar 3. Hasil Pemodelan *Decision Tree*

Evaluasi Model

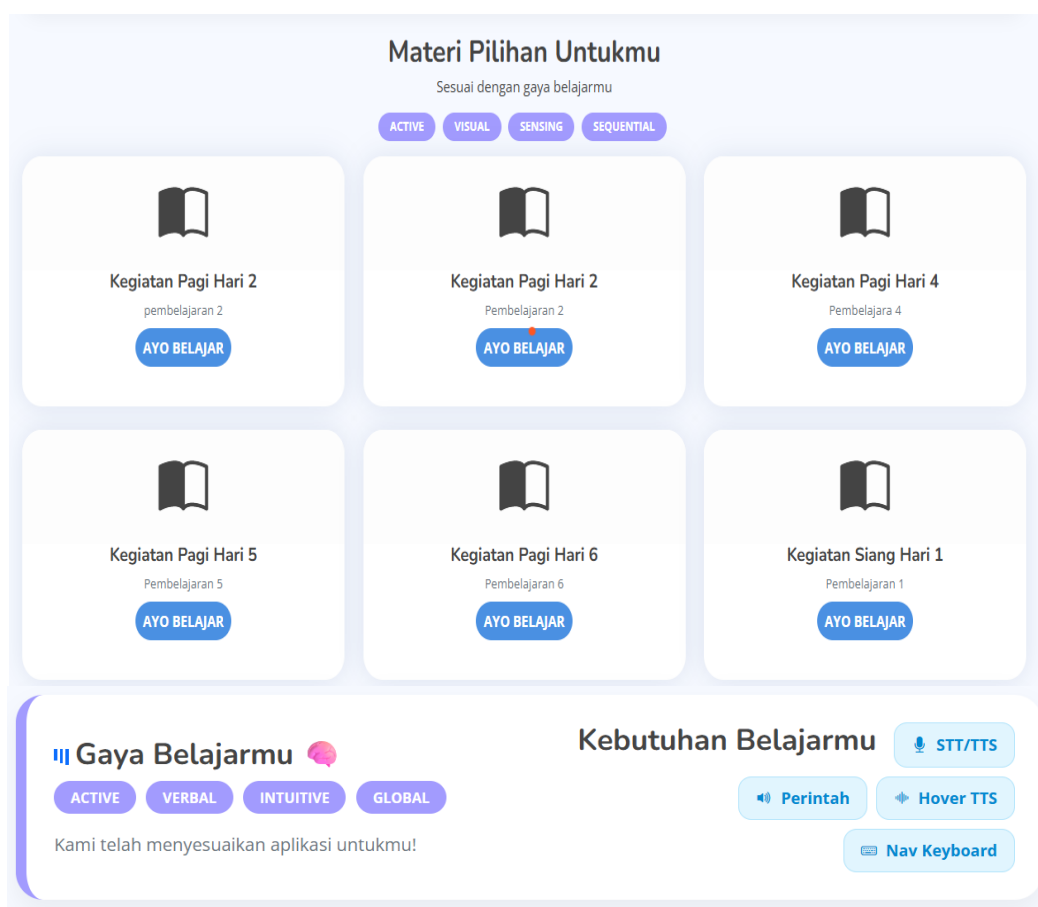
Evaluasi model dilakukan menggunakan *confusion matrix* untuk mengukur kinerja klasifikasi. Berdasarkan hasil pengujian, algoritma *Decision Tree* menghasilkan nilai akurasi rata-rata sebesar 95%, dengan nilai precision, recall, dan F1-score yang juga menunjukkan performa yang stabil. Hasil *confusion matrix* menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil diklasifikasikan dengan benar, dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data uji.

Perbandingan dengan Algoritma Lain

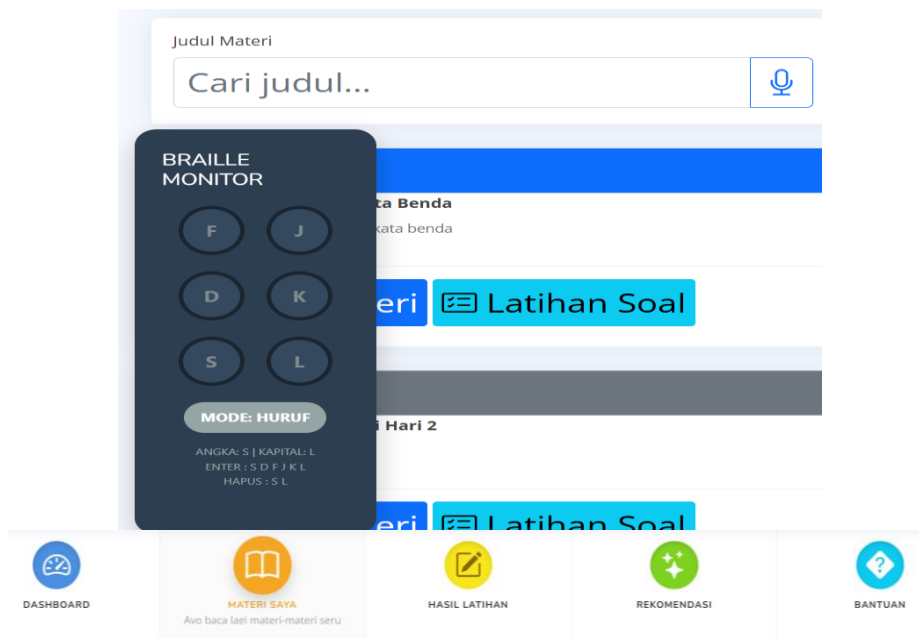
Untuk mengukur performa model secara komprehensif, dilakukan perbandingan antara algoritma *Decision Tree* dan *Random Forest*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Decision Tree* memiliki akurasi yang lebih tinggi, yaitu sebesar 95%, dibandingkan dengan *Random Forest* sebesar 79,58%. Perbedaan performa ini menunjukkan bahwa *Decision Tree* lebih sesuai digunakan pada dataset dengan karakteristik seperti pada penelitian ini. Selain itu, keunggulan *Decision Tree* dalam hal interpretabilitas menjadi nilai tambah dalam implementasi sistem pembelajaran karena hasil klasifikasi dapat dijelaskan secara transparan kepada pengguna.

Implementasi Sistem *E-learning* Adaptif

Model yang telah dikembangkan selanjutnya diimplementasikan ke dalam sistem e-learning berbasis web untuk mendukung pembelajaran adaptif bagi Anak Berkebutuhan Khusus (ABK). Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi gaya belajar setiap pengguna, menyesuaikan penyajian materi sesuai dengan karakteristik belajar yang teridentifikasi, serta memberikan rekomendasi pembelajaran secara otomatis sehingga proses belajar menjadi lebih personal, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing peserta didik. Integrasi teknologi *Text-to-Speech* (TTS) memungkinkan peserta didik tunanetra mengakses materi dalam bentuk audio, sedangkan fitur visual dan ikon membantu peserta didik tunarungu memahami konten pembelajaran. Selain itu, penggunaan *Speech-to-Text* (STT) dan *Natural Language Processing* (NLP) meningkatkan interaksi pengguna dengan sistem.



Gambar 4. Implementasi Sistem *E-learning* Adaptif



Gambar 5. Fitur Dalam Sistem

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *machine learning*, khususnya *algoritma Decision Tree*, efektif untuk mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik ABK serta memberikan rekomendasi pembelajaran yang sesuai. Tingginya nilai akurasi menunjukkan bahwa fitur-fitur yang digunakan dalam penelitian ini relevan secara kuat dengan karakteristik gaya belajar. Temuan bahwa preferensi media pembelajaran menjadi faktor dominan menunjukkan bahwa pendekatan berbasis sensorik (VAK) memiliki peran penting dalam pembelajaran bagi ABK. Hal ini sejalan dengan teori pembelajaran adaptif yang menekankan pentingnya penyesuaian media dan metode pembelajaran terhadap karakteristik individu.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini memberikan kontribusi yang lebih komprehensif dengan mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan (*Decision Tree*, NLP, TTS, dan STT) dalam satu sistem *e-learning* adaptif. Selain itu, keunggulan interpretabilitas model *Decision Tree* memberikan nilai tambah dalam konteks pendidikan karena pendidik dapat memahami dan memvalidasi proses pengambilan keputusan sistem. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan aksesibilitas, personalisasi, dan efektivitas pembelajaran bagi ABK, sehingga berpotensi untuk diimplementasikan secara lebih luas dalam lingkungan pendidikan yang inklusif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *e-learning* adaptif berbasis kecerdasan buatan untuk Anak Berkebutuhan Khusus (ABK) dengan memanfaatkan algoritma *Decision Tree* untuk mengklasifikasikan gaya belajar peserta didik. Model yang dibangun mampu mengolah data karakteristik peserta didik, gaya belajar FSLSM dan VAK, serta preferensi media pembelajaran untuk menghasilkan rekomendasi materi yang sesuai secara otomatis. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa algoritma *Decision Tree* memiliki performa yang sangat baik dengan tingkat akurasi sebesar 95% serta mampu mengungguli algoritma *Random Forest* pada dataset yang digunakan. Selain itu, model yang dihasilkan memiliki tingkat interpretabilitas yang tinggi, sehingga memudahkan pendidik memahami proses pengambilan keputusan sistem. Implementasi model dalam sistem *e-learning* berbasis web menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas pembelajaran bagi peserta didik ABK, khususnya melalui integrasi teknologi *Text-to-Speech* (TTS), *Speech-to-Text* (STT), dan *Natural Language Processing* (NLP). Sistem yang dikembangkan juga mampu memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih personal dan adaptif sesuai dengan kebutuhan individu peserta didik. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pembelajaran adaptif yang inklusif berbasis kecerdasan buatan, serta dapat menjadi referensi bagi pengembangan *e-learning* yang lebih responsif terhadap kebutuhan peserta didik berkebutuhan khusus.

REFERENSI

- Alatawi, M. (2024). Empowering minds: Exploring the Impact of AI in Facilitating Inclusive Education for Students with Intellectual Disabilities. *Journal of Arts, Literature, Humanities and Social Sciences*, 106. <https://doi.org/10.33193/JALHSS.106.2024.1131>
- Alruwais, N., & Zakariah, M. (2023). Evaluating Student Knowledge Assessment Using *Machine learning* Techniques. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15076229>
- Anastasios, T., & Georgia, M. (2023). *Digital technology supports science education for students with disabilities : A systematic review*. 3911–3935.
- Andini, D. W., Prayogo, M. M., Rahim, A., & Wijayanto, Z. (2021). Analisa kebutuhan belajar mahasiswa tuli selama pembelajaran jarak jauh di perguruan tinggi. *JPK (Jurnal Pendidikan Khusus)*, 17(2), 52–61. doi:10.21831/jpk.v17i2.44762
- Borgia, F., Bianchini, C. S., & De Marsico, M. (2014). Towards improving the e-learning experience for deaf students: e-LUX. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8514 LNCS(PART 2), 221–232. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07440-5_21
- Fleming, N. D., Fleming, N. D., & Mills, C. (1992). *Not Another Inventory , Rather a Catalyst for Reflection Not Another Inventory , Rather a Catalyst for Reflection*.
- Fransisca, V. (2025). Integrasi artificial intelligence dalam pembelajaran inklusif: Strategi meningkatkan aksesibilitas pendidikan bagi siswa berkebutuhan khusus di era digital. *Jendela Pendidikan: Jurnal Ilmiah Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 15(2), 85–98. doi:10.55129/jp.v15i2.3142
- Gevorgyan, S. (2024). *The Use of Adaptive Learning Technologies in e-Learning for Inclusive Education : A Systematic Review*. 2, 90–107.
- Handoyono, N. A., Andini, D. W., Trisharsiwi, Prayogo, M. M., Rahim, A., & Wijayanto, Z. (2022). Dampak aksesibilitas pendidikan bagi penyandang tuli dengan menggunakan aplikasi "Soemeh" berbasis speech recognition. *SOSIOHUMANIORA: Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial dan Humaniora*, 8(1), 1–10. doi:10.30738/sosio.v8i1.11848
- Hassen, M. Z. (2025). *Developing Adaptive Learning Technologies with AI for Students with Disabilities*. 13(5), 179–187.
- Novita, L., Sundari, F. S., Vonti, L. H., & Purnamasari, R. (2022). E-books as assistive technology for children with learning disabilities. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 55(2), 375–384. doi:10.23887/jpp.v55i2.42327
- Pagliara, S. M., Bonavolont, G., Pia, M., Falchi, S., Zurru, A. L., Fenu, G., & Mura, A. (2024). *The Integration of Artificial Intelligence in Inclusive Education : A Scoping Review*.
- Sholikhati, N. I., Prayogo, M. M., & Santoso, J. (2021). The effect of distance learning on learning outcomes of children with special needs in inclusive schools in the new normal. *Indonesian Journal of Disability Studies*, 8(1), 145–154. doi:10.21776/ub.ijds.2021.008.01.11
- Silverman, W. L., & Forum, L. (2002). *LEARNING AND TEACHING STYLES*. 78(June), 674–681.
- Yahya, R., Jailani, R., Hanapiah, F. A., & Zakaria, N. K. (2024). A scoping review of artificial intelligence-based robot therapy for children with disabilities. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33(3), 1855–1865. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v33.i3.pp1855-1865>
- Susmitasari, M., Taqwim, S. B. A., Antika, X., Widajati, W., & Pamuji, P. (2025). Pengembangan media e-learning berbasis Google Sites pada mata pelajaran IPAS materi tumbuhan untuk tunarungu. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 5(3), 1314–1328. doi:10.53299/jppi.v5i3.1568