JEMSI: Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi
E-ISSN: 2686-5238
P-ISSN: 2686-4916
https://dinastirev.org/JEMSI dinasti.info@gmail.com +62 811 7404 455
DOI: https://doi.org/10.38035/jemsi.v7i1
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Received: 21 September 2025 | **Revised:** 01 Oktober 2025 | **Accepted:** 21 Oktober 2025

Transformasi Digital dalam Pendidikan: Penerapan Algoritma Machine Learning dan Deep Learning untuk meningkatkan Efektivitas Pembelajaran SMP

Christina Wulansari[1], Putri Rahma Dayanti[2], Zsa Zsa Izazi[3]
[1]Bisnis Digital, STIE Mahardhika, Surabaya, Indonesia, christina.wulansari@stiemahardhika.ac.id
[2]Bisnis Digital, STIE Mahardhika, Surabaya, Indonesia, putri.dayanti@stiemahardhika.ac.id
[3]Bisnis Digital, STIE Mahardhika, Surabaya, Indonesia, zsazsaizazi07@gmail.com

Corresponding Author: christina.wulansari@stiemahardhika.ac.id [1]

Abstract: *This research examines digital transformation in education, specifically the application of Machine Learning (SVM) and Deep Learning algorithms to enhance the effectiveness of learning at the Junior High School (SMP) level. Utilizing a Research and Development (RnD) approach with Mixed Methods, this study involved 56 eighth-grade students from 6 (six) SMP locations in Surabaya, Malang, and Sidoarjo. The research results indicate that the SVM-based system successfully classified student learning difficulties with an accuracy of 83%, while Deep Learning supported personalized learning through remedial material recommendations. Although this system proved efficient in monitoring student progress and assisting teachers, challenges such as internet access, device availability, and school policies still need to be addressed for more optimal implementation.*

Keywords: *Transformasi Digital, Machine Learning, Deep Learning, Efektivitas Pembelajaran, SMP*

Abstrak: Penelitian ini mengkaji transformasi digital dalam pendidikan, khususnya penerapan algoritma *Machine Learning* (SVM) dan *Deep Learning* untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP). Melalui pendekatan *Research and Development* (RnD) dengan *Mixed Methods,* studi ini melibatkan 56 siswa kelas VIII dari 6 (enam) lokasi SMP di Surabaya, Malang, dan Sidoarjo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis SVM berhasil mengklasifikasikan kesulitan belajar siswa dengan akurasi 83%, sementara *Deep Learning* mendukung personalisasi pembelajaran dengan rekomendasi materi remedial. Meskipun sistem ini terbukti efisien dalam memantau kemajuan siswa dan membantu guru, tantangan seperti akses internet, ketersediaan perangkat, dan kebijakan sekolah masih perlu diatasi untuk implementasi yang lebih optimal.

Kata Kunci: Transformasi Digital, Machine Learning, Deep Learning, Efektivitas Pembelajaran, SMP

PENDAHULUAN

Pendidikan mengalami perubahan transformasi untuk menyesuaikan diri dengan kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi. Tuntutan pendidikan diperlukan untuk mampu memperluas wawasan serta mengambil keputusan bijak dan cerdas (Muhammad Yusuf et al., 2023). Di Indonesia, transformasi digital dalam pendidikan telah menjadi agenda strategis untuk meningkatkan kualitas dan aksesibilitas pembelajaran (Nashrullah et al., 2025). Integrasi teknologi modern ke dalam seluruh aspek kegiatan sekolah tidak hanya membuka peluang inovasi, tetapi juga memungkinkan pembelajaran berbasis data untuk memahami kebutuhan siswa secara lebih mendalam (Surwuy et al., 2024). Salah satu aspek krusial dari transformasi digital ini adalah penerapan kecerdasan buatan (AI), termasuk *Machine Learning* (ML) dan *Deep Learning* (DL), dalam proses pembelajaran (Kudriani et al., 2023). Teknologi ini berpotensi besar untuk membentuk ulang cara institusi pendidikan menyampaikan pengetahuan, mengelola sumber daya, dan mendukung siswa (Najib & Maunah, 2022)

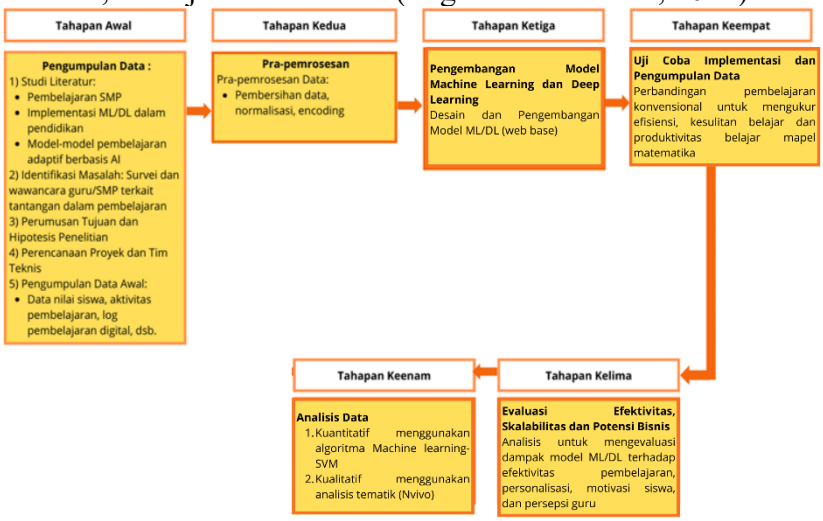
Pendidikan tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) merupakan fase krusial dalam perkembangan kognitif dan sosial siswa, mempersiapkan mereka untuk jenjang pendidikan selanjutnya serta tantangan abad ke-21 (Muhammad Yusuf et al., 2023). Dalam konteks ini, peningkatan efektivitas pembelajaran menjadi sangat vital. Algoritma *Machine Learning* dan *Deep Learning* menawarkan solusi inovatif untuk mencapai tujuan tersebut. *Deep Learning* telah terbukti dapat meningkatkan mutu pembelajaran dengan memfasilitasi siswa memahami materi secara mendalam, serta memungkinkan personalisasi pembelajaran yang adaptif dan efektif di tingkat SMP (Muzakir et al., 2024). Pendekatan ini mendorong siswa untuk secara aktif terlibat dalam proses pembelajaran dan menyelami topik yang sedang dipelajari, dengan fokus pada tiga elemen utama: *Meaningful Learning, Mindful Learning*, dan Kontekstualisasi pengetahuan (Waruwu et al., 2024). Penerapan teknologi ini juga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan analitis siswa, serta secara signifikan meningkatkan tingkat keberhasilan mereka dalam belajar (Waruwu et al., 2024).

Algoritma *Machine Learning* terbukti dapat menginovasi prediksi belajar siswa pada SMKN 2 Semarang yang telah dilakukan oleh peneliti (Ababil et al., 2025) menggunakan teknik *Featur Importance* metode pada *Random Forest* dalam memprediksi performa akademik siswa yang dapat mengolah data siswa, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian lain telah dilakukan oleh (Pranata et al., 2023) yang mampu menerapkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) memodelkan gaya belajar siswa dengan tingkat akurasi sebesar 88% berdasarkan analisis *confusion matrix*. Hasil ini membuktikan bahwa *machine learning* dapat menjadi alat yang andal dalam mendeteksi variasi kebutuhan belajar siswa, sehingga mendukung terciptanya lingkungan pendidikan yang lebih inklusif, responsif, dan efektif.

Meskipun potensi *Machine Learning* dan *Deep Learning* dalam pendidikan SMP sangat besar, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan (Mei & Jayatri, 2025). Terdapat kesenjangan dalam pemahaman dan penerapan teknologi ML/DL di lingkungan pendidikan SMP, serta kurangnya penelitian komprehensif yang mengkaji dampak dan strategi implementasi spesifik untuk personalisasi dan peningkatan kualitas pembelajaran di jenjang ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran transformasi digital dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran di tingkat SMP, mengidentifikasi potensi dan tantangan penerapan algoritma *Machine Learning* dan *Deep Learning*, serta merumuskan model atau kerangka kerja yang dapat meningkatkan personalisasi dan kualitas pembelajaran di SMP. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan manfaat signifikan bagi siswa melalui pengalaman belajar yang lebih personal dan efektif, bagi guru sebagai alat bantu untuk personalisasi pengajaran, bagi institusi pendidikan sebagai panduan implementasi, serta bagi peneliti sebagai kontribusi terhadap literatur ilmiah di bidang ML/DL dalam pendidikan.

METODE

Tahapan penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (RnD). Menurut Sutama (2019) dalam (Mardatillah & Murhayati, 2025) Penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada yang dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Mixed Methods* (sugiyono, 2019) yang komprehensif, berorientasi pada transformasi digital dan potensi pengembangan *startup edutech*. Pendekatan ini dirancang untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai penerapan algoritma *Machine Learning* (ML) dan *Deep Learning* (DL) dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP). Model ini mengacu pada tahapan yang dikemukakan oleh (Sugiyono, 2020) , yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, validasi desain, dan uji coba terbatas (Sugandi & Sarmini, 2024).



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan perangkat lunak yang berbasis kebutuhan praktis di lapangan. Dengan mengintegrasikan data kuantitatif dan kualitatif, penelitian ini menganalisis efisiensi, masalah belajar, serta potensi skala bisnis dan keberlanjutan model tersebut sebagai solusi *edutech.* Teknik pengumpulan data menggunakan kuesioner sebagai data kuantitatif, wawancara guru, siswa dan pemangku kepentingan *edutech* serta observasi partisipatif, data log sistem pembelajaran. Hasil pengumpulan data digunakan untuk merancang sistem informasi berbasis web dengan metode SVM-*Machine Learning* (ML) dengan pendekatan pembelajaran *Deep Learning* (DL).

Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 6 lokasi SMP di Surabaya, Malang dan Sidoarjo yang memiliki potensi untuk mengadopsi teknologi digital secara luas yang menargetkan siswa SMP. Pemilihan lokasi dan subjek mempertimbangkan aspek tingkat kematangan kognitif siswa, serta kebutuhan untuk mendeteksi dan mempredisi masalah belajar siswa serta skalabilitas model yang dikembangkan, yaitu kemampuan untuk diterapkan pada populasi siswa yang lebih besar dan beragam. Subjek penelitian melibatkan siswa SMP kelas 8 yang telah memiliki rapor kelas untuk mengambil sample nilai UTS, UAS dan tugas mapel matematika, serta guru mata pelajaran matematika dan guru bimbingan konseling. Pemangku kepentingan (industri *edutech)* turut dilibatkan dalam wawancara untuk mendapatkan perspektif tentang potensi komersialisasi model bisnis. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive sampling* untuk memastikan representasi yang sesuai dengan tujuan penelitian, termasuk potensi replikasi dan ekspansi model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada transformasi digital dalam pendidikan dengan penerapan algoritma *Machine Learning* dan *Deep Learning* untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP), khususnya pada mata pelajaran matematika. Subjek penelitian melibatkan 56 siswa kelas VIII dari 6 SMP di Malang, Sidoarjo dan Surabaya yang dijadikan sampel pengambilan data, analisis kebutuhan dan uji coba sistem informasi monitoring berbasis *website* yang menjadi potensi peluang startup *edutech.* Analisis kuantitatif dilakukan dengan *machine learning* (SVM) untuk mengklasifikasikan tingkat kesulitan belajar siswa, sedangkan pendekatan *deep learning* digunakan untuk mendukung proses personalisasi pembelajaran, khususnya dalam memberikan rekomendasi materi remedial sesuai tingkat kesulitan masing-masing siswa. Sedangkan analisis kualitatif menggunakan Nvivo pada hasil wawancara narasumber guru mata pelajaran Matematika dan guru bimbingan konseling pada kelas 8.

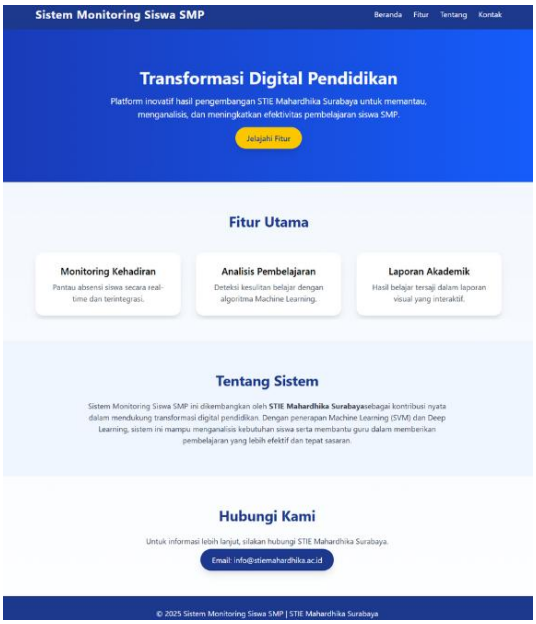
Pengumpulan data

Berdasarkan hasil observasi awal terhadap 56 siswa SMP kelas VIII dari 6 sekolah di Malang, Sidoarjo dan Surabaya, ditemukan bahwa mayoritas kesulitan belajar siswa terletak pada mata pelajaran Matematika, terutama pada materi perkalian, aljabar, persamaan linear, dan geometri. Analisis kebutuhan yang dilakukan bersama guru matematika dan guru bimbingan konseling menunjukkan bahwa siswa membutuhkan sistem yang mampu:

1. Mendeteksi tingkat pemahaman mereka terhadap materi tertentu.
2. Memberikan peringatan dini terhadap penurunan kedisiplinan, absensi, maupun keterlambatan tugas.
3. Menyediakan laporan perkembangan yang dapat diakses secara real-time oleh guru, siswa, dan orang tua.

Pengembangan Model Sistem Informasi Monitoring Siswa

Sistem informasi berbasis *website* dirancang untuk mengintegrasikan data absensi, penugasan, serta jadwal pelajaran. Data siswa kemudian diproses dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan kategori kesulitan belajar, tingkat kedisiplinan, dan konsistensi kinerja akademik siswa. Hasil dari klasifikasi ini kemudian dikombinasikan dengan pendekatan pembelajaran *deep learning* yang diterapkan untuk personalisasi pembelajaran matematika, sehingga rekomendasi materi remedial dapat disesuaikan dengan profil kesulitan siswa.



Gambar 2. Pembangunan Sistem Monitoring Siswa SMP

Sebelum sistem ini digunakan, pencatatan data dilakukan secara manual (konvensional), sehingga sulit bagi guru maupun wali murid untuk memantau perkembangan siswa secara menyeluruh. Dengan adanya sistem berbasis *website*, guru dapat mengakses laporan dalam bentuk *dashboard*, sedangkan orang tua dapat memantau aktivitas dan progres anak secara *online* (*real-time*).

Pengelolaan data Kuantitatif (*Machine Learning* (SVM) dan rekomendasi Pendekatan Pembelajaran menggunakan *Deep Learning*)

Dalam penelitian ini, beberapa matrik evaluasi telah diterapkan diantaranya *Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score*. Masing- masing metrik evaluasi ini memiliki rumusan khusus yang digunakan untuk mengukur berbagai aspek performa model (Sugandi & Sarmini, 2024):

Accuracy (Akurasi)

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{(TP + FN) + (FP + TN)}$$

Precision (Presisi)

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Recall (Recall atau Sensitivitas)

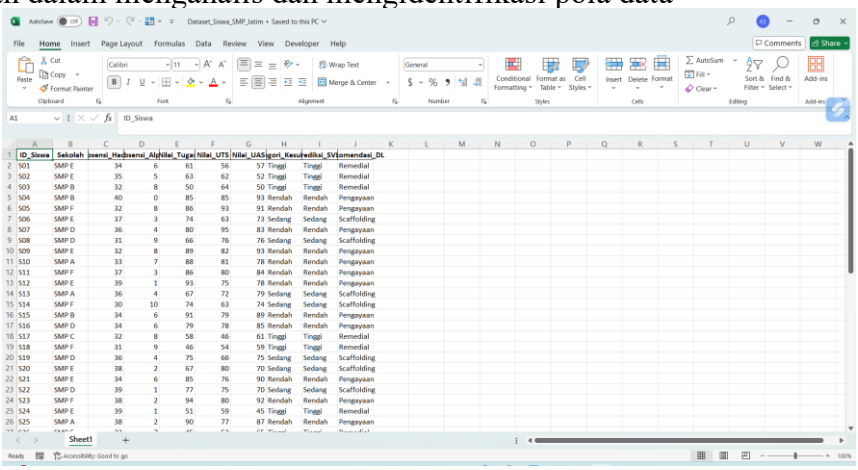
$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

F1-Score

$$F1\ Score = \frac{2TP}{2TP + FN + FP}$$

Pra-Pemrosesan

Dari data yang dikumpulkan berupa survey kepada siswa SMP kelas 8, data tersebut kemudian divisualisasikan agar dapat dikelola sistem maka direkomendasikan untuk mempermudah dalam menganalis dan mengidentifikasi pola data



ID_Siswa	Sekolah	Absensi_Hadir	Absensi_Alpa	Nilai_Tugas	Nilai_UTS	Nilai_UAS	Kategori_Kesiapan	Rekomendasi_SVM	Rekomendasi_DL
S01	SMP E	34	6	61	56	57	Tinggi	Remedial	
S02	SMP E	35	5	63	62	52	Tinggi	Remedial	
S03	SMP B	32	8	50	64	50	Tinggi	Remedial	
S04	SMP B	40	0	85	85	93	Rendah	Rendah	Pengayaan
S05	SMP F	32	8	86	93	91	Rendah	Rendah	Pengayaan
S06	SMP E	37	3	74	63	73	Sedang	Sedang	Scaffolding
S07	SMP D	36	4	80	95	83	Rendah	Rendah	Pengayaan
S08	SMP D	31	9	66	76	76	Sedang	Sedang	Scaffolding
S09	SMP E	32	8	89	82	93	Rendah	Rendah	Pengayaan
S10	SMP A	33	7	88	81	78	Rendah	Rendah	Pengayaan
S11	SMP F	37	3	86	80	84	Rendah	Rendah	Pengayaan
S12	SMP E	39	1	93	75	78	Rendah	Rendah	Pengayaan
S13	SMP A	36	4	67	72	79	Sedang	Sedang	Scaffolding
S14	SMP F	30	10	74	63	74	Sedang	Sedang	Scaffolding
S15	SMP B	34	6	91	79	89	Rendah	Rendah	Pengayaan
S16	SMP D	34	6	79	78	85	Rendah	Rendah	Pengayaan
S17	SMP C	32	8	58	46	61	Tinggi	Tinggi	Remedial
S18	SMP F	31	9	46	54	59	Tinggi	Tinggi	Remedial
S19	SMP D	36	4	75	66	75	Sedang	Sedang	Scaffolding
S20	SMP E	38	2	67	80	70	Sedang	Sedang	Scaffolding
S21	SMP E	34	6	85	76	90	Rendah	Rendah	Pengayaan
S22	SMP D	39	1	77	75	70	Sedang	Sedang	Scaffolding
S23	SMP F	38	2	94	80	92	Rendah	Rendah	Pengayaan
S24	SMP E	39	1	51	59	45	Tinggi	Tinggi	Remedial
S25	SMP A	38	2	90	77	87	Rendah	Rendah	Pengayaan

Gambar 3. Data dalam bentuk .csv

Visualisasi data dikelompokan berdasarkan pada Sekolah asal, Absensi hadir, Absensi Alpa, Nilai Tugas, Nilai UTS, Nilai UAS diperoleh dari hasil rapot pada kelas sebelumnya kemudian dikategorikan Tinggi, Rendah, Sedang serta hasil rekomendasi dari *Deep learning.*

Data dikolala dengan memasukkan dataset dengan format .csv yang kemudian di aplikasikan menggunakan Matlab (Gambar 4.)

```
    dytpe='object')
accuracy: 0.83758677709172
Akuransinya: 0.83
Classification Report :
              precision    recall  f1-score   support

          -1       0.67      0.70      0.78        20
           0       0.84      0.82      0.88        36

accuracy                             0.83        56
macro avg         0.75      0.76      0.80        56
weighted avg      0.78      0.78      0.78        56

confusion Matrix :
[[14   6]
 [ 7  31]]
```

Gambar 4. Pengelolaan data menggunakan Algoritma SVM

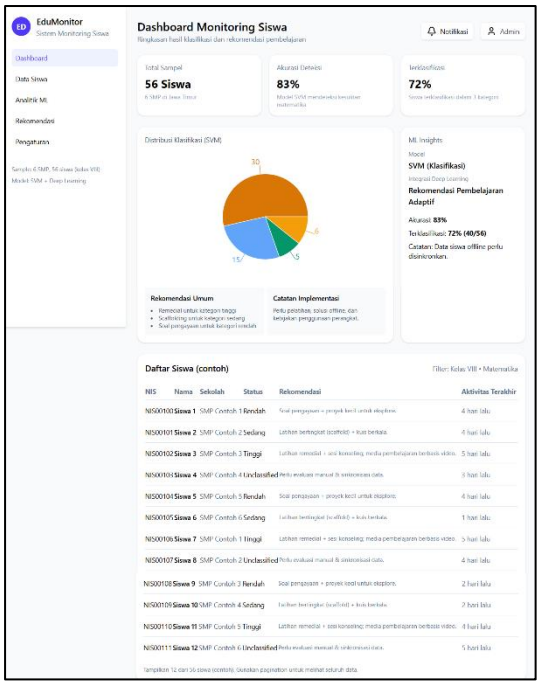
Pengolahan data terhadap 56 siswa SMP kelas VIII dari 6 sekolah di Jawa Timur menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) menghasilkan klasifikasi kesulitan belajar yang terbagi ke dalam tiga kategori, yaitu kesulitan rendah, kesulitan sedang, dan kesulitan tinggi. Dari hasil uji data diperoleh bahwa:

1. 72% siswa dapat terklasifikasi dengan baik ke dalam kategori kesulitan belajar tersebut, menunjukkan bahwa model SVM mampu memetakan kondisi siswa secara relatif akurat.
2. Tingkat akurasi sistem dalam mendeteksi kesulitan belajar matematika tercatat mencapai 83%, yang menunjukkan bahwa penerapan algoritma *machine learning* cukup efektif dalam mengidentifikasi perbedaan tingkat pemahaman siswa

Integrasi metode *deep learning* pada sistem informasi monitoring siswa memberikan nilai tambah dalam proses personalisasi pembelajaran. Model *deep learning* digunakan untuk menghasilkan rekomendasi pembelajaran adaptif berbasis profil kesulitan masing-masing siswa, dengan hasil sebagai berikut:

1. Siswa dengan kategori kesulitan tinggi mendapatkan rekomendasi berupa latihan tambahan, materi remedial, serta penjelasan ulang berbasis multimedia agar dapat meningkatkan pemahaman dasar.
2. Siswa dengan kategori kesulitan sedang diarahkan pada latihan bertingkat (*scaffolding*) yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran.
3. Siswa dengan kategori kesulitan rendah diarahkan pada soal pengayaan dan eksplorasi konsep lanjutan, sehingga mereka dapat mengembangkan potensi akademik lebih tinggi.

Penerapan kombinasi SVM dan *deep learning* ini tidak hanya membantu guru dalam memantau perkembangan akademik siswa secara lebih objektif, tetapi juga mendukung pendekatan pembelajaran yang lebih *personalized.* Dengan demikian, setiap siswa memperoleh perlakuan sesuai dengan kebutuhan belajarnya, sehingga efektivitas proses pembelajaran Matematika dapat ditingkatkan secara signifikan.



Gambar 5. Penerapan menggunakan Algoritma ML-SVM dan Pendekatan Pembelajaran *Deep Learning*

Analisis data Kualitatif (Wawancara dan Observasi dengan NVivo)

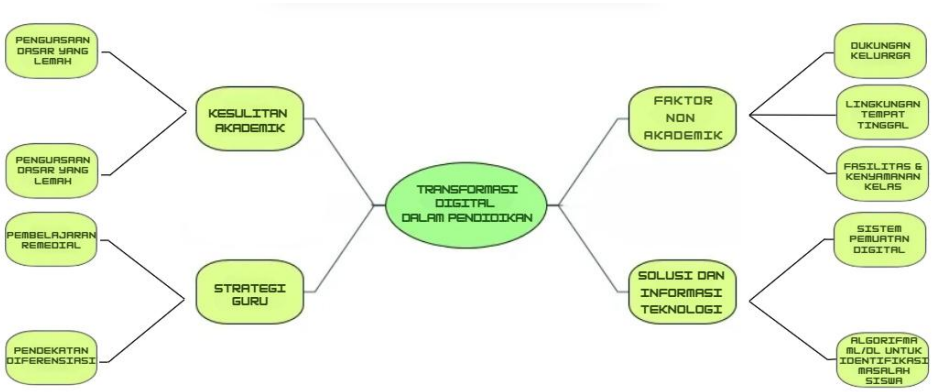
Peneliti melakukan wawancara sumber data diperoleh dari 6 narasumber (Guru Matematika kelas 8 dan Guru Bimbingan Konseling kelas 8) dari berbagai sekolah SMP di Malang, Surabaya dan Sidoarjo. Transkrip wawancara diimpor ke NVivo dan dianalisis dengan langkah berikut :

1. Coding awal: peneliti melakukan pengkodean dengan mengutip "Kesulitan Akademik", "Strategi Guru", "Faktor non Akademik", "Solusi dan Inovasi Teknologi".
2. Pembuatan Struktur Node:

Tabel 1. Struktur Node

Node Utama	Sub-node
Kesulitan Akademik	- Penguasaan Dasar yang Lemah
	- Materi Kompleks
Strategi Guru	- Pembelajaran Remedial
	- Pendekatan Diferensiasi
Faktor Non-akademik	- Dukungan Keluarga
	- Lingkungan Tempat Tinggal
	- Fasilitas & Kenyamanan Kelas
Solusi & Inovasi Teknologi	- Sistem Pemantauan Digital
	- Algoritma ML/DL untuk Identifikasi Masalah Siswa

3. Visualisasi data NVivo menggunakan Mindmap untuk mempermudah interprestasi hasil analisis. Hasil analisis kualitatif, hasil wawancara dan observasi yang diolah menggunakan NVivo menunjukkan bahwa guru merasa terbantu dengan adanya sistem ini, karena mereka tidak perlu lagi melakukan pencatatan manual. Sistem yang terkoneksi dengan data siswa, guru, dan wali murid memungkinkan monitoring yang lebih komprehensif terhadap perkembangan akademik maupun kedisiplinan. Orang tua dapat memantau absensi, tugas, serta progres pemahaman anak secara langsung melalui *dashboard* sistem.



Gambar 6. Mind Map

Efektivitas dan Tantangan Penerapan

Penerapan sistem informasi monitoring siswa berbasis *machine learning* (SVM) dan *deep learning* terbukti memberikan dampak positif terhadap efektivitas pembelajaran di tingkat SMP. Sistem ini memudahkan komunikasi antara guru dan orang tua, sehingga perkembangan akademik maupun kedisiplinan siswa dapat dipantau secara *real-time*. Selain itu, kemampuan sistem dalam mempercepat deteksi dini kesulitan belajar membantu guru mengambil langkah intervensi yang lebih tepat, khususnya dalam mata pelajaran Matematika yang sering dianggap sulit oleh siswa. Integrasi dengan pembelajaran adaptif juga mendukung personalisasi proses belajar, di mana setiap siswa mendapatkan rekomendasi materi sesuai dengan tingkat pemahamannya.

Meskipun demikian, efektivitas penerapan sistem ini belum dapat dikatakan sempurna. Terdapat beberapa kendala yang harus diatasi, seperti keterbatasan akses internet, ketersediaan perangkat di kalangan siswa, serta kebijakan sekolah yang melarang penggunaan gawai selama pembelajaran di kelas. Selain itu, proses adaptasi terhadap teknologi baru membutuhkan waktu, baik bagi siswa, guru, maupun orang tua. Oleh karena itu, diperlukan tahap sosialisasi, pelatihan, dan integrasi yang lebih komprehensif agar sistem monitoring ini dapat diimplementasikan secara menyeluruh dan memberikan hasil yang maksimal.

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa transformasi digital melalui penerapan algoritma *machine learning* (SVM) dan *deep learning* mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP), khususnya pada mata pelajaran Matematika kelas VIII. Sistem informasi monitoring berbasis *website* terbukti lebih efisien dibandingkan pencatatan manual karena dapat membantu guru, siswa, dan orang tua dalam mendeteksi kesulitan belajar, memantau kedisiplinan, serta memberikan rekomendasi pembelajaran adaptif sesuai dengan profil siswa. Dengan demikian, penerapan teknologi ini mendukung pendekatan pembelajaran yang lebih personal, interaktif, dan terarah pada kebutuhan individu.

Meskipun demikian, efektivitas sistem masih menghadapi beberapa kendala, seperti keterbatasan perangkat, akses internet, kebijakan sekolah yang melarang penggunaan gawai di kelas, serta kebutuhan adaptasi pengguna. Oleh karena itu, sistem ini perlu dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi dengan sistem akademik sekolah, perluasan subjek penelitian, serta penyediaan fitur akses offline dan pelatihan bagi guru maupun orang tua.

Perspektif *startup edutech*, penelitian ini menunjukkan peluang besar untuk menghadirkan solusi digital yang lebih inklusif, adaptif, dan sesuai dengan kondisi sekolah di Indonesia. Startup edutech dapat mengambil peran strategis dalam mengembangkan platform pembelajaran yang ramah pengguna, menyediakan infrastruktur pendukung, serta menjalin kerja sama dengan sekolah dan pemerintah. Dengan pendekatan ini, startup edutech bukan hanya sebagai penyedia teknologi, tetapi juga mitra dalam transformasi pendidikan yang berkelanjutan.

REFERENSI

Ababil, M. I., Dwi Anggraini, T., Febby, A., Dewi, I., Syahata, M. U., Irawan, M. H., Fahrizal, M. R., Novelan, G. D., Dhanurrullah, J. P., Muhamad, &, & Gani, A. (2025). *Inovasi Prediksi Hasil Belajar Siswa Berbasis Machine Learning untuk Mendukung Keputusan Pembelajaran yang Tepat di SMKN 2 Semarang*. *4*(2), 420–432. http://jurnalilmiah.org/journal/index.php/majemuk

Kudriani, N., Murdana, F., & Muriati, L. (2023). Transformasi Digital dalam Pendidikan: Tantangan dan Peluang Penerapan Kecerdasan Buatan dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Literasi Digital*, *3*(3), 129–139. https://doi.org/10.54065/jld.3.3.2023.596

Mardatillah, N. A., & Murhayati, S. (2025). *Data dan Fakta Penelitian Kualitatif*. *9*, 13018–13028.

Mei, N., & Jayatri, S. N. (2025). Tantangan dan Peluang Penggunaan Deep Learning Dalam Pembelajaran IPS di Era Digital. *Jurnal Sosial Dan Humaniora*, *2*(4), 30–43.

Muhammad Yusuf, Dwi Julianingsih, & Tarisya Ramadhani. (2023). Transformasi Pendidikan Digital 5.0 melalui Integrasi Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, *2*(1), 11–19. https://doi.org/10.33050/mentari.v2i1.328

Muzakir, A., Adi, K., & Kusumaningrum, R. (2024). *Penerapan Konsep Machine Learning & Deep Learning*.

Najib, M. A., & Maunah, B. (2022). Inovasi Pendidikan di Era Digital. In *Manajemen Pendidikan Islam* (Vol. 10, Issue 1). https://www.google.co.id/books/edition/INOVASI_PENDIDIKAN_SEKOLAH_DASAR_DI_ERA/lrvlEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=Inovasi+Pendidikan%2BKristiawan,+M&pg=PA171&printsec=frontcover

Nashrullah, M., Syaiful Rahman, Abdul Majid, Nunuk Hariyati, & Budiyanto. (2025). Transformasi Digital dalam Pendidikan Indonesia: Analisis Kebijakan dan Implikasinya terhadap Kualitas Pembelajaran. *Mudir : Jurnal Manajemen Pendidikan*, *7*(1), 52–59. https://doi.org/10.55352/mudir.v7i1.1290

Pranata, B. D., Mahdiyah, U., & Kasih, P. (2023). Pemodelan Gaya Belajar Siswa dengan Menggunakan Support Vector Machine. *Nusantara of Engineering (NOE)*, *6*(2), 144–150. https://doi.org/10.29407/noe.v6i2.20884

Sugandi, Z. A. W., & Sarmini, S. (2024). Implementasi Metode Support Vector Machine (SVM) Pada Sistem Rekomendasi Produk Perawatan Wajah Berbasis Web. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, *12*(3), 388. https://doi.org/10.26418/justin.v12i3.74905

Sugiyono. (2019). *Integrasi_Metode_Kuantitatif_dan_Kualita* (Issue April).

Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.

Surwuy, G. S., Rukmini, B. S., Riyanti, Saleh, M., & Mahmud, S. (2024). Peningkatan Kualitas Pembelajaran Berbasis Teknologi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa: Tinjauan Implementasi di Sekolah Menengah. *Jurnal Cahaya Mandalika*, *5*(1), 571–581.

Waruwu, M. N., Yulisman Zega, Ratna Natalia Mendrofa, & Yakin Niat Telaumbanua. (2024). Implementasi Algoritma Machine Learning Untuk Deteksi Performa Akademik Mahasiswa. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, *5*(2). https://doi.org/10.46764/teknimedia.v5i2.214