

PEMANFAATAN TEKNOLOGI DALAM MENINGKATKAN PEMAHAMAN POLA PERFORMA BELAJAR SISWA

Andrian Riyadi¹, Muhammad Febri Andriyanto²

Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta

E-mail: andrianriyadi@uny.ac.id¹, mfebri.2021@student.uny.ac.id²

Abstract (Inggris)

This study aims to analyze the patterns of students' academic performance based on final semester exam scores, attendance, and task participation using the Principal Component Analysis (PCA) approach and the k-means clustering algorithm. The data used in the study were collected from 50 students and included exam scores, attendance rates, and task participation. The PCA method was employed to reduce the dimensionality of the data, resulting in two principal components (PC1 and PC2) that explained 74.57% of the data variability. Subsequently, the k-means algorithm was applied to cluster students into three groups based on their performance patterns. The clustering results revealed three main clusters: Cluster A (low performance), Cluster B (moderate performance), and Cluster C (high performance). These findings indicate that students' academic performance can be influenced by various factors, including attendance, participation, and scores, highlighting the need for more personalized and adaptive learning approaches tailored to each student's characteristics.

Keywords: Cluster; K-Means Algorithm; Principal Component Analysis

Abstrak (Indonesia)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola performa akademik siswa berdasarkan nilai ujian akhir semester, kehadiran, dan partisipasi tugas dengan menggunakan pendekatan Principal Component Analysis (PCA) dan algoritma k-means untuk pengklasteran. Data yang digunakan berasal dari 50 siswa dan mencakup nilai, tingkat kehadiran, serta partisipasi dalam tugas. Metode PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data, yang menghasilkan dua komponen utama (PC1 dan PC2) yang menjelaskan 74,57% variabilitas data. Selanjutnya, algoritma k-means digunakan untuk mengklaster siswa ke dalam tiga kelompok berdasarkan pola performa mereka. Hasil pengklasteran menunjukkan adanya tiga klaster utama: Klaster A (performa rendah), Klaster B (performa sedang), dan Klaster C (performa tinggi). Temuan ini mengindikasikan bahwa performa akademik siswa dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kehadiran, partisipasi, dan nilai, yang memerlukan pendekatan pembelajaran yang lebih personal dan adaptif sesuai dengan karakteristik masing-masing siswa.

Kata kunci: Algoritma K-Means; Klaster; Principal Component Analysis

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk bidang pendidikan (Maida & Burhanuddin, 2024). Dalam era digital ini, teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat pendukung, tetapi telah menjadi sarana utama dalam mengembangkan metode pembelajaran yang lebih efektif dan efisien (Suyitno et al., 2022). Peran teknologi dalam pendidikan tidak dapat diabaikan, terutama dalam membantu pendidik memahami pola belajar siswa dan

meningkatkan performa mereka secara keseluruhan (Mubarok, 2019). Di tengah era di mana data menjadi elemen kunci dalam pengambilan keputusan strategis, pendidikan berbasis teknologi menghadirkan peluang untuk memanfaatkan data secara lebih maksimal (Sudiyanto et al., 2018). Dengan kemajuan teknologi seperti kecerdasan buatan (AI) dan machine learning (ML), pendidik kini memiliki kemampuan untuk menganalisis data secara mendalam, mengungkap pola, dan memberikan intervensi yang sesuai untuk meningkatkan hasil pembelajaran (Kurdi, 2021).

Berbagai penelitian sebelumnya telah menyoroti potensi besar teknologi dalam mendukung pembelajaran. (Villegas-Ch et al., 2024) dan (Waruwu et al., 2024) menunjukkan bahwa penerapan machine learning memungkinkan pengelompokan siswa berdasarkan gaya belajar mereka, membantu pendidik memberikan solusi pembelajaran yang lebih sesuai dengan kebutuhan individu. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah metode klustering, yang dapat mengelompokkan siswa berdasarkan karakteristik tertentu, seperti performa akademik, tingkat motivasi, dan gaya belajar. Penelitian oleh (Omar et al., 2020) mencatat bahwa metode klustering dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran hingga 20% dibandingkan pendekatan tradisional. Teknologi juga banyak mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah (Muthmainnah et al., 2022). Meskipun begitu, tantangan seperti kesenjangan digital dan kurangnya pelatihan bagi pendidik masih menjadi hambatan yang memengaruhi adopsi teknologi secara luas (Mercader & Gairín, 2020). Dalam konteks ini, diperlukan pendekatan yang tidak hanya inovatif tetapi juga dapat diimplementasikan secara inklusif untuk memastikan manfaat teknologi dapat dirasakan oleh semua pihak (Marpaung, 2024).

Artikel ini menawarkan kebaruan ilmiah dengan memberikan fokus pada penerapan machine learning, khususnya metode klustering, untuk menganalisis pola belajar siswa secara lebih mendalam. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga mendukung personalisasi strategi pembelajaran berdasarkan karakteristik siswa yang beragam. Berbeda dari penelitian terdahulu yang hanya menyoroti potensi teknologi secara umum, artikel ini memberikan perspektif baru dengan mengeksplorasi bagaimana metode klustering dapat digunakan sebagai alat utama dalam mendukung paradigma pendidikan berbasis student-centered. Pendekatan ini diharapkan mampu menjawab kebutuhan akan pembelajaran yang lebih adaptif, relevan, dan inklusif.

Artikel ini berusaha menjawab beberapa pertanyaan penting yang relevan dengan pemanfaatan teknologi dalam pendidikan. Pertama, bagaimana analisis menggunakan Principal Component Analysis (PCA) dan algoritma k-means dapat mengidentifikasi pola performa akademik siswa berdasarkan nilai ujian akhir semester, tingkat kehadiran, dan partisipasi tugas? Kedua, bagaimana hasil pengklasteran pola performa akademik siswa dapat digunakan untuk mendukung penyusunan strategi pembelajaran yang lebih personal dan adaptif?

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola performa akademik siswa berdasarkan nilai ujian akhir semester, tingkat kehadiran, dan partisipasi tugas menggunakan pendekatan Principal Component Analysis (PCA) dan algoritma k-means. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data performa siswa guna mengidentifikasi komponen utama yang mewakili variabilitas data secara signifikan. Selanjutnya, algoritma k-means diaplikasikan untuk mengelompokkan siswa ke dalam klaster berdasarkan pola performa mereka, yang mencakup kelompok dengan performa rendah, sedang, dan tinggi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana hasil pengklasteran tersebut dapat memberikan wawasan mendalam bagi pendidik dalam menyusun strategi pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan masing-masing klaster siswa. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dalam meningkatkan hasil akademik siswa.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksploratif. Data dianalisis menggunakan algoritma machine learning untuk mengidentifikasi pola yang tidak terlihat melalui metode tradisional (Eldo et al., 2024). Metode klustering digunakan untuk mengelompokkan siswa berdasarkan karakteristik belajar mereka (Handayani, 2022), sementara Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk mereduksi dimensi data (Dinanti & Purwadi, 2023).

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah siswa sekolah menengah Kejuruan (SMK) di Kabupaten Bantul, dengan jumlah sampel sebanyak 50 siswa. Siswa dipilih berdasarkan kriteria tertentu, seperti mengikuti pembelajaran berbasis teknologi selama satu semester terakhir serta memiliki data performa akademik lengkap, termasuk nilai ujian, kehadiran, dan tingkat partisipasi dalam kegiatan pembelajaran. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *stratified random sampling* untuk memastikan representasi berbagai tingkat performa akademik (Fatunnisa & Marcos, 2024).

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui beberapa teknik, yaitu:

1. Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data mengenai nilai ujian, tugas, dan kehadiran yang diperoleh dari sistem informasi sekolah. Instrumen yang digunakan yaitu lembar *checklist* dokumentasi.

2. Kuesioner

Kuesioner digunakan untuk mengumpulkan data mengenai motivasi belajar, gaya belajar, dan penggunaan teknologi dalam pembelajaran. Tabel 1 merupakan kisi-kisi kuesioner.

Tabel 1. Kisi-Kisi Kuesioner

No	Indikator	Nomor Soal
1	Persepsi Siswa terhadap Teknologi dalam Pembelajaran	1, 2, 3, 4, 5
2	Pola Belajar dan Keterlibatan Siswa	6, 7, 8, 9, 10
3	Kendala dalam Pembelajaran Berbasis Teknologi	11, 12, 13, 14, 15
4	Faktor-Faktor yang Memengaruhi Performa Akademik	16, 17, 18, 19, 20

3. Wawancara

Wawancara yang dilakukan terhadap guru dan siswa untuk mendapatkan informasi tambahan mengenai pola pembelajaran yang diterapkan. Tabel 2 merupakan kisi-kisi wawancara untuk dosen, dan Tabel 3 merupakan kisi-kisi wawancara untuk mahasiswa

Tabel 2. Kisi-Kisi Wawancara untuk Dosen

No	Pertanyaan
1	Bagaimana Anda melihat keterlibatan siswa dalam pembelajaran berbasis teknologi?
2	Faktor apa saja yang menurut Anda memengaruhi keberhasilan siswa dalam pembelajaran?
3	Apakah ada perbedaan pola belajar antara siswa dengan performa tinggi dan rendah? Jika ya, seperti apa perbedaannya?
4	Bagaimana peran teknologi dalam membantu Anda memantau dan meningkatkan performa siswa?
5	Apa tantangan utama yang Anda hadapi dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran?

Tabel 3. Kisi-Kisi Wawancara untuk Mahasiswa

No	Pertanyaan
1	Bagaimana pendapat Anda tentang penggunaan teknologi dalam pembelajaran di kelas?
2	Sejauh mana teknologi membantu Anda memahami materi pelajaran?
3	Apa saja tantangan yang Anda hadapi saat belajar menggunakan teknologi?
4	Menurut Anda, apa yang memengaruhi hasil belajar Anda selama ini?
5	Apakah Anda merasa teknologi dapat membantu Anda mencapai hasil belajar yang lebih baik? Mengapa?

Teknik Analisis Data

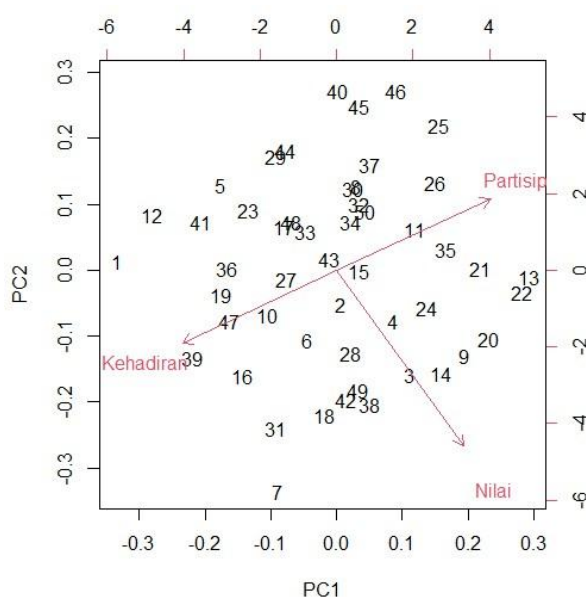
Data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan beberapa teknik, seperti praproses data yang bertujuan untuk memastikan kelengkapan dan konsistensi sehingga data yang hilang diimputasi menggunakan metode median untuk nilai numerik dan modus untuk kategori, reduksi data menggunakan PCA untuk mengurangi dimensi data tanpa kehilangan informasi penting dan memfokuskan pada variabel yang memberikan kontribusi terbesar terhadap performa siswa, klustering menggunakan Algoritma K-means untuk mengelompokkan siswa berdasarkan pola belajar dimana penentuan jumlah kluster menggunakan metode elbow, serta interpretasi data untuk memahami karakteristik setiap kelompok dan faktor yang berkontribusi terhadap perbedaan pola belajar.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan pengurusan izin penelitian dari sekolah dan pengembangan instrumen seperti kuesioner untuk siswa serta panduan wawancara untuk guru. Data dikumpulkan melalui sistem informasi sekolah untuk performa akademik, kuesioner untuk faktor non-akademik, dan wawancara untuk informasi pendukung. Selanjutnya, data diproses untuk memastikan kelengkapan, dengan imputasi dilakukan untuk data yang hilang. Analisis dimulai dengan Principal Component Analysis (PCA) untuk mereduksi dimensi data, diikuti penerapan algoritma k-means untuk mengelompokkan siswa berdasarkan pola belajar. Jumlah kluster ditentukan dengan metode elbow, dan hasil analisis dikonsultasikan dengan pakar pendidikan untuk memastikan interpretasi yang akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data akademik diperoleh dari nilai rata-rata ujian akhir semester, tingkat kehadiran, dan partisipasi tugas dari 50 siswa. Analisis dimulai dengan Principal Component Analysis (PCA) untuk mereduksi dimensi data. Hasil dari analisis PCA dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Analisis PCA terhadap Data yang Telah Diperoleh

Detail data pada gambar tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis PCA

	PC 1	PC 2	PC 3
Standard Deviation	1.1655	0.9373	0.8735
Proportion of Variance	0.4528	0.2928	0.2544
Cumulative Proportion	0.4528	0.7457	1.0000

Standard Deviation menunjukkan akar kuadrat dari *eigenvalue* untuk setiap komponen. Semakin besar nilai standar deviasi, semakin besar kontribusi komponen tersebut dalam menjelaskan variabilitas data. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa PC 1 memiliki nilai terbesar (1.1655), sehingga menyumbang informasi paling banyak, sedangkan PC 2 dan PC 3 memiliki nilai lebih kecil, artinya kontribusi mereka lebih kecil dibandingkan PC1. Proportion of Variance menunjukkan proporsi varians yang dijelaskan oleh setiap komponen. PC 1 menjelaskan 45.28% dari total variabilitas data, PC 2 menambahkan 29.28%, sehingga kedua komponen ini bersama-sama menjelaskan 74.57% varians, serta PC 3 menjelaskan 25.44%, melengkapi total 100%. Cumulative Proportion menunjukkan akumulasi kontribusi dari semua komponen hingga komponen tersebut. Dengan hanya menggunakan PC 1 dan PC 2 sudah dapat menjelaskan 74.57% variabilitas data, sehingga PC 3 menambahkan informasi yang relatif kecil.

Data selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi pola performa siswa menggunakan sistem kluster melalui Microsoft Excel. Sekumpulan siswa tersebut diklusterkan menjadi 3 kluster, yaitu Klaster A untuk performa rendah, Klaster B untuk performa sedang, dan Klaster C untuk performa tinggi. Berikut adalah hasil dari pengklusteran.

1. Klaster A (performa rendah)

- Rata-Rata Nilai = 69,14
- Rata-Rata Kehadiran = 92,09 %
- Rata-Rata Partisipasi = 88,64 %
- Jumlah Siswa = 22

2. Klaster B (performa sedang)

- Rata-Rata Nilai = 82,94
- Rata-Rata Kehadiran = 84,18 %
- Rata-Rata Partisipasi = 92,47 %
- Jumlah Siswa = 17

3. Klaster C (performa tinggi)

- Rata-Rata Nilai = 90,36
- Rata-Rata Kehadiran = 93,82 %
- Rata-Rata Partisipasi = 89,27 %
- Jumlah Siswa = 11

Sedangkan, pengklasteran data menggunakan algoritma k-means menghasilkan analisis pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengklasteran menggunakan Algoritma K-Means

Klaster	Nilai	Kehadiran	Partisipasi
1	-0.2892078	0.5400382	-1.1677600
2	1.1678488	-0.2721212	0.5498725
3	-0.6784424	-0.2399365	0.5492670

1. Klaster 1

Klaster 1 cenderung mencakup siswa dengan kehadiran tinggi, tetapi nilai dan partisipasi tugas yang lebih rendah dibandingkan rata-rata.

- Rata-rata nilai di klaster ini sedikit di bawah rata-rata keseluruhan (negatif menunjukkan di bawah rata-rata data yang dinormalisasi).
- Rata-rata kehadiran berada di atas rata-rata keseluruhan (positif menunjukkan di atas rata-rata).
- Rata-rata partisipasi jauh di bawah rata-rata keseluruhan (nilai negatif besar).

2. Klaster 2

Klaster 2 mencakup siswa dengan nilai dan partisipasi tinggi, tetapi kehadiran sedikit lebih rendah dibandingkan rata-rata.

- Rata-rata nilai sangat tinggi (di atas rata-rata keseluruhan).
- Rata-rata kehadiran sedikit di bawah rata-rata keseluruhan.
- Rata-rata partisipasi cukup tinggi (di atas rata-rata).

3. Klaster 3

Klaster 3 terdiri dari siswa dengan nilai dan kehadiran yang rendah, tetapi partisipasi tugas mereka lebih baik dibandingkan rata-rata.

- Rata-rata nilai cukup rendah (di bawah rata-rata keseluruhan).
- Rata-rata kehadiran sedikit di bawah rata-rata.
- Rata-rata partisipasi cukup tinggi (di atas rata-rata).

Dari analisis ini, dapat diidentifikasi tiga pola utama dalam data akademik siswa, yaitu:

1. **Siswa dengan kehadiran tinggi tetapi nilai dan partisipasi rendah:** Mereka mungkin hadir di kelas tetapi kurang terlibat atau tidak memahami materi dengan baik.
2. **Siswa dengan nilai dan partisipasi tinggi tetapi kehadiran rendah:** Mereka menunjukkan performa akademik yang kuat meskipun kehadiran kurang optimal.
3. **Siswa dengan partisipasi tinggi tetapi nilai dan kehadiran rendah:** Mereka mungkin terlibat aktif dalam tugas, tetapi absensi yang lebih tinggi dapat memengaruhi performa mereka secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data akademik yang melibatkan nilai rata-rata ujian akhir semester, tingkat kehadiran, dan partisipasi tugas dari 50 siswa, penelitian ini menemukan bahwa sebagian besar informasi dalam data dapat dipahami melalui dua komponen utama, yaitu PC1 dan PC2, yang bersama-sama menjelaskan 74,57% variabilitas data. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan Principal Component Analysis (PCA) untuk mereduksi dimensi data, diikuti dengan pengklasteran untuk mengidentifikasi pola performa siswa. Hasil pengklasteran menunjukkan bahwa siswa dapat dikelompokkan menjadi tiga klaster berdasarkan pola performa mereka. Klaster A mencakup siswa dengan nilai rendah meskipun kehadiran dan partisipasi tinggi, yang menunjukkan bahwa meskipun mereka hadir di kelas, pemahaman materi masih kurang. Klaster B berisi siswa dengan nilai dan partisipasi tinggi namun kehadirannya sedikit lebih rendah, menunjukkan bahwa keterlibatan aktif dalam tugas dapat menghasilkan performa akademik yang baik meskipun kehadiran tidak optimal. Sedangkan Klaster C terdiri dari siswa dengan nilai dan kehadiran rendah, tetapi partisipasi tinggi, mengindikasikan bahwa meskipun absensi memengaruhi nilai, mereka tetap aktif dalam mengikuti tugas. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang lebih personal dan sesuai dengan kebutuhan setiap klaster sangat penting untuk meningkatkan performa siswa secara keseluruhan. Misalnya, siswa dalam Klaster A mungkin membutuhkan dukungan remedial untuk meningkatkan pemahaman materi, sedangkan siswa di Klaster B perlu dijaga agar tetap termotivasi. Klaster C membutuhkan perhatian khusus terhadap faktor absensi yang memengaruhi nilai mereka meskipun partisipasi tetap tinggi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang hubungan antara nilai, kehadiran, dan partisipasi dalam menentukan performa akademik siswa, serta mengarahkan pada pentingnya strategi pembelajaran yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing klaster.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinanti, A., & Purwadi, J. (2023). Analisis Performa Algoritma K-Nearest Neighbor dan Reduksi Dimensi Menggunakan Principal Component Analysis. *Jambura Journal of Mathematics*, 5(1), 155–165. <https://doi.org/10.34312/jjom.v5i1.17098>
- Eldo, H., Ayuliana, A., Suryadi, D., Chrisnawati, G., & Judijanto, L. (2024). Penggunaan Algoritma Support Vector Machine (SVM) Untuk Deteksi Penipuan pada Transaksi Online. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 1627–1632. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14186>
- Fatunnisa, A., & Marcos, H. (2024). Prediksi Kelulusan Tepat Waktu Siswa SMK Teknik Komputer Menggunakan Algoritma Random Forest. *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, 14(1), 101–111. <https://doi.org/10.34010/jamika.v14i1.12114>
- Handayani, F. (2022). Aplikasi Aplikasi Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering untuk Mengelompokkan Mahasiswa Berdasarkan Gaya Belajar. *Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 12(1), 46–63. <https://doi.org/10.34010/jati.v12i1.6733>
- Kurdi, M. S. (2021). Realitas Virtual Dan Penelitian Pendidikan Dasar: Tren Saat Ini dan Arah Masa Depan. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Sosial, Bahasa Dan Pendidikan*, 1(4), 60–85. <https://doi.org/10.55606/cendekia.v1i4.1317>

- Maida, A. N., & Burhanuddin, I. (2024). Social Media Impact on Cosmetology Students in Enhancing Makeup Techniques Ability and their Character Building. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 30(2). <https://doi.org/10.21831/jptk.v30i2.78888>
- Marpaung, R. W. (2024). Implementasi Merdeka Belajar dalam Meningkatkan Kreativitas dan Inovasi Siswa di Era Digital. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(2), 550–558. <https://doi.org/10.31004/irje.v4i2.677>
- Mercader, C., & Gairín, J. (2020). University Teachers' Perception of Barriers to the Use of Digital Technologies: The Importance of the Academic Discipline. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0182-x>
- Mubarok, Y. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran K3 Berbasis Android sebagai Strategi Edukatif untuk Melatih Siswa SMK sebagai Tenaga Kerja Termampil di Pasar Global. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 1(2), 15–26. <https://doi.org/10.21831/jpvo.v1i2.24217>
- Muthmainnah, Seraj, P. M. I., & Oteir, I. (2022). Playing with AI to Investigate Human-Computer Interaction Technology and Improving Critical Thinking Skills to Pursue 21st Century Age. *Education Research International*, 2022, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2022/6468995>
- Omar, T., Alzahrani, A., & Zohdy, M. (2020). Clustering Approach for Analyzing the Student's Efficiency and Performance Based on Data. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 08(03), 171–182. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2020.83010>
- Sudiyanto, S., Fatah, A., & Wakid, M. (2018). Implementasi Karakter Kerja Berbasis Budaya Kerja di Industri Otomotif pada Mahasiswa Peserta Kuliah Teknologi Pembentukan Dasar di Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif FT UNY. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 1(1), 26–37. <https://doi.org/10.21831/jpvo.v1i1.21781>
- Suyitno, S., Anitasari, M. E., Rakha, R., & Kamin, Y. Bin. (2022). The Application of The Teams Assisted Individualization (TAI) Learning Model to Improve Learning Outcome of The Starter Motor Electrical System in VHS. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 28(1), 32–46. <https://doi.org/10.21831/jptk.v28i1.48780>
- Villegas-Ch, W., García-Ortiz, J., & Sánchez-Viteri, S. (2024). Personalization of Learning: Machine Learning Models for Adapting Educational Content to Individual Learning Styles. *IEEE Access*, 12, 121114–121130. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3452592>
- Waruwu, L., Zebua, A. M., Lase, F. K., & Harefa, O. (2024). Evaluasi Penggunaan Teknologi Informasi dalam Pembelajaran di SMK: Tantangan, Peluang dan Solusi. *Journal of Education Research*, 5(3), 3790–3799. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i3.1328>