

Analisis Komparasi Algoritma Machine Learning dalam Prediksi Performa Akademik Mahasiswa: Literature Review

Abdur Rahman Azis^{*1}

¹Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Email: ¹abdurrahman02@students.usu.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi dan data dalam bidang pendidikan membuka peluang baru untuk memahami dan memprediksi performa akademik mahasiswa. Literatur ini mengkaji efektivitas berbagai algoritma *machine learning*, seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, *Naïve Bayes*, dan *Deep Learning*, dalam memprediksi performa akademik mahasiswa berdasarkan atribut seperti nilai akademik, kehadiran, serta interaksi dalam platform pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan bahwa SVM mencatat akurasi tertinggi hingga 94,4% pada dataset dengan margin data yang jelas, sementara *Random Forest* unggul dalam menangani dataset besar dan kompleks dengan akurasi konsisten sebesar 85%. *Naïve Bayes*, dengan kesederhanaannya, mencapai akurasi 87,6% untuk dataset dengan atribut independen, sedangkan *Deep Learning* menunjukkan potensi untuk dataset besar namun terbatas pada akurasi 72,84% karena keterbatasan data. Penelitian ini menekankan pentingnya pemrosesan data yang lebih baik serta penggunaan algoritma yang sesuai untuk meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis data. Implementasi *machine learning* memungkinkan intervensi dini untuk mendukung keberhasilan akademik mahasiswa, meskipun tantangan seperti kualitas data dan kebutuhan sumber daya komputasi tetap menjadi perhatian utama. Penelitian ini dapat mendukung pengembangan sistem pembelajaran berbasis data di perguruan tinggi, memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih efektif untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan hasil akademik mahasiswa.

Kata Kunci: *Deep Learning, Machine Learning, Naïve Bayes, Random Forest, Support Vector Machine*

Abstract

The development of technology and data in the field of education opens new opportunities to understand and predict students' academic performance. This literature examines the effectiveness of various machine learning algorithms, such as *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, *Naïve Bayes*, and *Deep Learning*, in predicting students' academic performance based on attributes such as academic grades, attendance, and interactions on learning platforms. The analysis results show that SVM recorded the highest accuracy of up to 94.4% on datasets with clear data margins, while *Random Forest* excelled in handling large and complex datasets with a consistent accuracy of 85%. *Naïve Bayes*, with its simplicity, achieved an accuracy of 87.6% for datasets with independent attributes, whereas *Deep Learning* showed potential for large datasets but was limited to an accuracy of 72.84% due to data limitations. This research emphasizes the importance of better data processing and the use of appropriate algorithms to enhance the quality of data-driven learning. The implementation of machine learning enables early interventions to support students' academic success, although challenges such as data quality and computational resource requirements remain major concerns. This research can support the development of data-driven learning systems in higher education, enabling more effective data-driven decision-making to enhance the quality of education and students' academic outcomes.

Keywords: *Deep Learning, Machine Learning, Naïve Bayes, Random Forest, Support Vector Machine*

1. PENDAHULUAN

Pada zaman teknologi dan data yang berkembang sangat pesat dalam bidang pendidikan telah membuka peluang baru dalam memahami dan memprediksi performa akademik mahasiswa di sebuah universitas. Seiring meningkatnya jumlah *data premier* yang tersedia dari sistem manajemen

pembelajaran (*Learning Management System*) dan data dari biro akademik institusi perguruan tinggi, tantangan untuk menganalisis dan mengolah data menjadi semakin kompleks [1], [2]. Salah satu pendekatan yang sering digunakan saat ini yaitu penggunaan algoritma *machine learning* dalam mendeteksi pola atau bisa dikatakan membuat prediksi yang berbasis data historis mahasiswa [1], [3].

Penelitian terkait prediksi performa akademik mahasiswa telah menunjukkan bahwa dalam implementasi *machine learning* dapat membantu dalam mengambil sebuah keputusan baik yang dilakukan oleh dosen pengampu mata kuliah maupun institusi perguruan tinggi, yang berguna dalam meningkatkan kualitas pengajaran dan pembelajaran dilingkungan kampus [4], [5]. Penggunaan teknik data mining dan *machine learning* telah memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas analisis performa akademik mahasiswa. Pendekatan ini tidak hanya membantu dalam memahami tren dan pola dalam data pendidikan tetapi juga memungkinkan prediksi yang akurat mengenai kelulusan dan risiko gagal akademik mahasiswa. Dalam penelitian sebelumnya, algoritma seperti *Random Forest* dan *Decision Tree* C4.5 menunjukkan akurasi prediksi hingga 92,4%, menjadikannya alat yang andal dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data di institusi pendidikan [6], [7], [8]. Selain itu, pendekatan multi-model ensemble memperkuat akurasi prediksi dengan memanfaatkan kombinasi algoritma seperti *Naïve Bayes*, *Decision Tree*, dan model ensemble lainnya [7].

Seiring dengan kemajuan teknologi, penggunaan machine learning (ML) untuk menganalisis dan memprediksi berbagai fenomena sosial, termasuk performa akademik mahasiswa, semakin berkembang [9]. Teknik ini bukan hanya membantu dalam identifikasi mahasiswa yang memiliki risiko kegagalan dalam akademik, tetapi juga memungkinkan intervensi dini yang lebih efektif dalam meningkatkan hasil pembelajaran mahasiswa [10], [11].

Berbagai algoritma yang digunakan seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, *Naïve Bayes* dan algoritma lainnya telah banyak diimplementasikan untuk memprediksi performa akademik. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma tertentu memiliki keunggulan dalam tingkat akurasi dan efisiensi yang mana bergantung pada jenis data yang diolah dan atribut yang digunakan [12], [13]. Dapat dilihat juga pada penelitian terdahulu misalkan *Random Forest* dan SVM sering kali unggul dalam memproses data akademik dan non akademik yang besar dan kompleks [2], [5].

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas berbagai algoritma *machine learning*, seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, *Naïve Bayes* dan *Deep Learning* dalam memprediksi performa akademik mahasiswa. Adapun atribut yang digunakan seperti nilai akademik, persentase kehadiran, hasil tugas dan ujian, serta interaksi dalam *platform* pembelajaran, sekaligus mengidentifikasi atribut utama yang memengaruhi hasil prediksi. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang keunggulan dan keterbatasan masing-masing algoritma dalam menangani *dataset* yang berbeda, mengevaluasi kontribusi setiap atribut dalam meningkatkan akurasi prediksi serta memberikan panduan bagi institusi pendidikan untuk memilih algoritma yang paling sesuai dengan karakteristik data. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu mengoptimalkan sistem manajemen pembelajaran, mengembangkan strategi intervensi dini yang terstruktur untuk mendukung mahasiswa berisiko, serta memberikan wawasan kepada pengambil kebijakan dalam mengimplementasikan teknologi demi meningkatkan kualitas pembelajaran dan keberhasilan akademik secara keseluruhan.

2. METODE PENELITIAN

Literature Review ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji efektivitas berbagai algoritma machine learning dalam memprediksi performa akademik mahasiswa. Proses ini dilakukan dengan mengumpulkan, menyaring, dan menganalisis literatur ilmiah dari berbagai sumber yang relevan dan terpercaya. Metode ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang sistematis dan terstruktur mengenai keunggulan, keterbatasan, dan aplikasi algoritma *machine learning* dalam konteks pendidikan tinggi.

2.1. Kriteria Literature

Dalam melakukan penelitian didapatkan fokus dan kualitas yang baik, terdapat beberapa kriteria dalam seleksi *literature* yang dipilih meliputi:

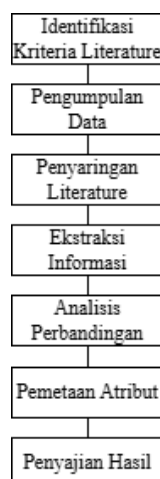
- a. Rentang Waktu Publikasi
Literasi yang dipilih diterbitkan dalam rentang waktu 2019-2024 untuk memastikan relevansi dan mencerminkan perkembangan terbaru dalam teknologi *machine learning*.
- b. Jenis Publikasi
Artikel yang diambil berasal dari jurnal nasional yang terindeks Sinta dan jurnal internasional yang terindeks Scopus, serta prosiding konferensi ilmiah terkait.
- c. Topik Penelitian
Penelitian yang membahas penggunaan algoritma *machine learning*, seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, *Naïve Bayes*, dan *Deep Learning* dalam memprediksi performa akademik mahasiswa.
- d. Relevansi Konteks
Studi yang melibatkan atribut pendidikan (nilai akademik, kehadiran, hasil ujian) dan non-akademik (data sosial-ekonomi mahasiswa).
- e. Bahasa Publikasi
Artikel diterbitkan dalam bahasa Inggris atau Indonesia.

2.2. Pengumpulan Data

Dalam mendapatkan referensi untuk pembuatan *literature review* dilakukan menggunakan database ilmiah meliputi Google Scholar, IEEE Xplore, SpringerLink dan Elsevier. Proses pencarian dilakukan dengan menggunakan beberapa kombinasi kata kunci seperti: prediksi performa mahasiswa di universitas, prediksi performa mahasiswa dengan *machine learning*, *student academic performance prediction*, *machine learning in education*, *comparison of ML algorithms*, *Support Vector Machine in academic prediction*, *Deep Learning in education context*. Setelah literatur didapat, kemudian dilakukan penyaringan dengan meninjau judul dan abstrak untuk memastikan relevansi dengan topik penelitian yang akan dibuat.

2.3. Teknik Analisis Data

Proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah utama. Pertama, dilakukan ekstraksi informasi dengan mencatat data yang relevan dari setiap literatur, seperti algoritma yang digunakan, parameter evaluasi (akurasi, presisi, *recall*), jenis dataset, dan atribut utama yang dianalisis. Selanjutnya, dilakukan analisis perbandingan, di mana algoritma yang digunakan dalam berbagai penelitian dibandingkan berdasarkan tingkat akurasi dan efisiensi yang dilaporkan. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan pemetaan atribut utama untuk mengidentifikasi atribut yang paling sering digunakan, seperti nilai akademik, tingkat kehadiran, dan interaksi dalam pembelajaran, serta kontribusinya terhadap prediksi performa akademik. Akhirnya, hasil analisis disajikan untuk mempermudah interpretasi dan memperjelas perbandingan antara algoritma dan atribut yang digunakan.



Gambar 1. Diagram Alur Metodologi Penelitian

2.4. Tools yang Digunakan

Dalam mendukung pengorganisasian dan analisis literatur, penelitian ini memanfaatkan alat bantu. Zotero digunakan sebagai alat manajemen referensi untuk mengatur dan mencatat referensi yang relevan, sehingga mempermudah proses penelusuran dan pengelolaan literatur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Berdasarkan hasil analisis dari literatur yang dilakukan, berbagai jenis algoritma *machine learning* menunjukkan kinerja yang bervariasi dalam memprediksi performa akademik mahasiswa di kampus. Dari sumber literatur dapat dilihat pada algoritma *Support Vector Machine* (SVM) mencatat akurasi tertinggi sebesar 94,4% untuk prediksi kelulusan tepat waktu. Algoritma ini memiliki efektifitas untuk dataset yang digunakan dengan margin data yang jelas tetapi dapat menghadapi kesulitan pada dataset besar dengan berbagai jenis atribut. Pada algoritma *Random Forest* menjadi salah satu algoritma yang sering digunakan karena dapat menangani dataset yang besar dan kompleks. Dengan tingkat akurasi 85%, algoritma ini menunjukkan hasil yang konsisten pada data dengan atribut yang beragam seperti data akademik maupun non-akademik. Algoritma *Naïve Bayes* yang terkenal dengan kesederhanaannya, menunjukkan tingkat akurasi yang maksimal yaitu 87,6% dalam memprediksi kelulusan mahasiswa dengan prediksi *cum laude*, akan tetapi algoritma ini lebih cocok digunakan untuk dataset dengan atribut independen. Sebaliknya, pada algoritma *Deep Learning* yang mana memiliki potensi besar dalam menganalisis dataset yang kompleks dan besar, tercatat akurasi yang didapat lebih rendah, yaitu 72,84%, karena keterbatasan dataset yang digunakan pada penelitian tersebut.

Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) mencatat akurasi hingga 94,4% dalam memprediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan data akademik pada sebuah universitas swasta di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode CRISP-DM dan menunjukkan bahwa SVM sangat efektif untuk data dengan margin yang jelas, meskipun memiliki keterbatasan dalam menangani dataset dengan atribut heterogeny [5].

Penelitian lain menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* unggul dalam menganalisis data dengan atribut kompleks. Sebagai contoh, penelitian pada mahasiswa di sebuah kampus menghasilkan akurasi sebesar 96,95% menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN), sementara *Random Forest* memberikan stabilitas dalam pengolahan data dengan beragam atribut pendidikan dan non-pendidikan.

Dalam konteks prediksi kelulusan *cum laude*, penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa algoritma *Naïve Bayes* memiliki akurasi sebesar 87,60%, mengungguli *Random Forest* dan algoritma C4.5. Hal ini menekankan kesederhanaan dan efisiensi *Naïve Bayes* dalam memproses dataset yang relatif kecil dan spesifik [11]. Dari sudut pandang pendidikan berbasis *platform* pembelajaran daring, adanya pengambilan data log dari *Learning Management System* (LMS). Data ini memungkinkan analisis yang lebih rinci tentang interaksi mahasiswa dan pola pembelajaran, yang dapat digunakan untuk prediksi performa akademik dengan kombinasi algoritma seperti *Gradient Boosting* dan *Random Forest*, mencatat akurasi hingga 92%.

Dalam penelitian lain yang memanfaatkan algoritma *ensemble*, kombinasi berbagai algoritma seperti *Decision Tree*, *Naïve Bayes*, dan SVM menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Teknik *ensemble* ini meningkatkan akurasi prediksi kelulusan mahasiswa dan mengurangi risiko kesalahan dalam klasifikasi data, terutama pada atribut IPK dan kehadiran mahasiswa. Hasil meta-analisis dari berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa atribut seperti usia, IPK kumulatif, dan aktivitas dalam LMS menjadi faktor penentu dalam meningkatkan akurasi prediksi. Algoritma *machine learning* yang digunakan secara adaptif terhadap karakteristik data memberikan peluang yang signifikan untuk intervensi dini dalam mendukung keberhasilan akademik mahasiswa.

Atribut yang mempengaruhi prediksi performa akademik mahasiswa mencakup IPK, persentase kehadiran dan juga nilai tugas dan ujian. Selain itu, data keaktifan dan interaksi mahasiswa *platform* pembelajaran seperti keaktifan forum diskusi dan mengikuti kuis juga memiliki peran yang signifikan. ini merupakan contoh penggunaan sub-bab pada *paper*. Sub-bab diperbolehkan untuk dimasukkan pada semua bab, kecuali di kesimpulan.

3.2. Pembahasan

Penerapan algoritma *machine learning* dalam memprediksi performa akademik mahasiswa menunjukkan manfaat yang signifikan dalam konteks pendidikan. *Support Vector Machine* (SVM) sangat cocok untuk dataset dengan ukuran sedang, menghasilkan akurasi tinggi dalam banyak kasus. Namun, algoritma ini membutuhkan sumber daya komputasi lebih besar pada dataset yang lebih besar dan heterogen. *Random Forest* membuktikan kemampuan dalam menangani data dengan atribut kompleks. Kemampuannya untuk memberikan hasil yang konsisten menjadikannya pilihan yang sering digunakan dalam penelitian di bidang pendidikan. Meskipun algoritma *Naïve Bayes* memberikan hasil yang kompetitif dalam prediksi kelulusan dengan predikat *cum laude*, algoritma ini menghadapi keterbatasan saat terdapat ketergantungan antar atribut dalam dataset. Sebaliknya, pada algoritma *Deep Learning* membutuhkan dataset yang lebih besar untuk mengoptimalkan performanya. Penggunaan teknik ini terbukti efektif dalam menganalisis yang lebih mendalam namun membutuhkan sumber data yang besar.

Dalam implementasi, algoritma *machine learning* memungkinkan institusi perguruan tinggi melakukan intervensi dini terhadap mahasiswa yang memiliki risiko gagal akademik. Dengan mengidentifikasi pola-pola dalam data historis mahasiswa, dosen atau biro akademik dapat memberikan dukungan tambahan kepada mahasiswa yang memerlukan. Selain itu, pemanfaatan data dari LMS seperti kuis online dan diskusi mahasiswa memberikan peluang untuk meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis data. Namun, implementasi ini menghadapi beberapa tantangan, termasuk kebutuhan untuk *preprocessing* data yang lebih baik, terutama untuk data yang diambil dari berbagai sumber seperti LMS, data akademik, dan data sosial-ekonomi. Selain itu, variasi dalam kualitas dan kelengkapan data dapat memengaruhi hasil prediksi, sehingga diperlukan strategi yang sistematis dalam pemrosesan data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi algoritma *machine learning* dalam konteks pendidikan dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran dan pengelolaan akademik mahasiswa. Algoritma seperti *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* terbukti mampu menghasilkan prediksi akurat, dengan akurasi masing-masing hingga 94,4% dan 85%, terutama untuk dataset yang kompleks atau besar. Implementasi algoritma ini memungkinkan institusi pendidikan untuk melakukan intervensi dini terhadap mahasiswa yang berisiko gagal akademik, misalnya melalui pemberian dukungan tambahan atau pengembangan program remedial yang terstruktur. Selain itu, pemanfaatan data dari *Learning Management System* (LMS) memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis data, seperti melalui analisis interaksi mahasiswa dalam forum diskusi, hasil kuis, dan kehadiran. Meskipun demikian, keberhasilan implementasi ini sangat bergantung pada kualitas data yang tersedia, proses *preprocessing* yang sistematis, serta investasi dalam infrastruktur teknologi dan pelatihan tenaga pengajar. Dengan pendekatan ini, institusi dapat lebih efektif dalam mendukung keberhasilan akademik mahasiswa dan meningkatkan tingkat kelulusan tepat waktu secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis komparatif algoritma *machine learning* dalam prediksi performa akademik mahasiswa, berbagai algoritma menunjukkan keunggulan yang berbeda tergantung pada jenis data dan tujuan prediksi. Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) terbukti memiliki akurasi tinggi (hingga 94,4%) pada *dataset* dengan *margin data* yang jelas, sementara *Random Forest* unggul dalam menangani *dataset* besar dan kompleks dengan tingkat akurasi konsisten sebesar 85%. *Naïve Bayes* menawarkan kesederhanaan dan efisiensi dengan akurasi mencapai 87,6% untuk *dataset* dengan atribut independen, sementara *Deep Learning* membutuhkan *dataset* yang lebih besar untuk performa optimal, meskipun saat ini hanya menghasilkan akurasi 72,84%.

Atribut penting seperti IPK, kehadiran, interaksi di *platform* pembelajaran, dan data dari *Learning Management Systems* (LMS) memainkan peran kunci dalam meningkatkan prediksi. Implementasi algoritma memungkinkan institusi melakukan intervensi dini untuk membantu mahasiswa berisiko

gagal akademik, sekaligus mendukung peningkatan kualitas pengajaran berbasis data. Implikasi langsung dari hasil penelitian ini adalah bahwa institusi pendidikan dapat memanfaatkan algoritma *machine learning* untuk mengembangkan sistem intervensi berbasis data yang terstruktur, seperti memberikan bimbingan tambahan kepada mahasiswa berisiko, merancang strategi remedial, dan meningkatkan efektivitas pembelajaran secara keseluruhan.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis, disarankan agar institusi perguruan tinggi memanfaatkan algoritma *machine learning* yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik data yang dimiliki, dengan prioritas pada algoritma seperti *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* untuk *dataset* yang kompleks atau besar karena keunggulannya dalam akurasi dan penanganan atribut beragam. Selain itu, institusi perlu mengoptimalkan data yang tersedia dari *Learning Management Systems* (LMS), seperti catatan kehadiran, partisipasi diskusi, dan hasil kuis, sebagai atribut prediktif utama, serta mengintegrasikan hasil prediksi dengan strategi intervensi dini yang lebih terstruktur guna mendukung mahasiswa berisiko gagal, meningkatkan tingkat kelulusan, dan memperbaiki kualitas pembelajaran.

Penelitian lebih lanjut juga perlu mengeksplorasi algoritma *ensemble learning*, seperti *Gradient Boosting* dan *AdaBoost*, untuk meningkatkan akurasi prediksi kelulusan, serta memperluas penggunaan atribut data yang lebih beragam, termasuk data sosial-ekonomi, perilaku digital, dan tingkat motivasi mahasiswa, guna memperkuat model prediksi. Upaya ini perlu didukung oleh eksplorasi teknik pemrosesan data canggih, seperti *feature engineering* otomatis dan metode augmentasi data, untuk mengatasi tantangan kualitas dan kelengkapan data. Penelitian kolaboratif antara institusi pendidikan dan industri teknologi juga sangat penting untuk mengembangkan platform berbasis *machine learning* yang ramah pengguna dan memungkinkan pengelolaan prediksi serta intervensi secara *real-time*, diikuti dengan uji coba model di berbagai institusi dengan karakteristik berbeda untuk memastikan generalisasi dan keandalan algoritma dalam skala yang lebih luas. Investasi dalam infrastruktur teknologi dan pelatihan tenaga pendidik juga menjadi langkah krusial untuk memastikan keberhasilan implementasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. R. Pelima, Y. Sukmana, and Y. Rosmansyah, "Predicting University Student Graduation Using Academic Performance and Machine Learning: A Systematic Literature Review," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 23451–23465, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3361479.
- [2] B. Sravani and M. M. Bala, "Prediction of Student Performance Using Linear Regression," in *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, Belgaum, India: IEEE, Jun. 2020. doi: 10.1109/incet49848.2020.9154067.
- [3] E. Miranda, M. Aryuni, M. I. Rahmawati, S. E. Hiererra, and A. V. Dian Sano, "Machine learning's model-agnostic interpretability on the prediction of students' academic performance in video-conference-assisted online learning during the covid-19 pandemic," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 7, p. 100312, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2024.100312.
- [4] A. Alfahid, "Algorithmic Prediction of Students On-Time Graduation from the University," *TEM Journal*, pp. 692–698, Feb. 2024, doi: 10.18421/TEM131-72.
- [5] E. Haryatmi and S. Pramita Hervianti, "Penerapan Algoritma Support Vector Machine Untuk Model Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu," *RESTI*, vol. 5, no. 2, Art. no. 2, Apr. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i2.3007.
- [6] B. Albreiki, N. Zaki, and H. Alashwal, "A Systematic Literature Review of Student' Performance Prediction Using Machine Learning Techniques," *Education Sciences*, vol. 11, no. 9, p. 552, Sep. 2021, doi: 10.3390/educsci11090552.
- [7] N. A. Butt, Z. Mahmood, K. Shakeel, S. Alfarhood, M. Safran, and I. Ashraf, "Performance Prediction of Students in Higher Education Using Multi-Model Ensemble Approach," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 136091–136108, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3336987.

- [8] S. Linawati, S. Nurdiani, K. Handayani, and L. Latifah, "PREDIKSI PRESTASI AKADEMIK MAHASISWA MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN C4.5," *JKI*, vol. 8, no. 1, Jun. 2020, doi: 10.31294/jki.v8i1.7827.
- [9] I. G. I. Suardika, "PREDIKSI TINGKAT KELULUSAN MAHASISWA TEPAT WAKTU MENGGUNAKAN NAIVE BAYES: STUDI KASUS FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS UNIVERSITAS PENDIDIKAN NASIONAL," *JIK*, vol. 4, no. 2, pp. 37–44, Sep. 2019, doi: 10.23887/jik.v4i2.2775.
- [10] S. Chen and Y. Ding, "A Machine Learning Approach to Predicting Academic Performance in Pennsylvania's Schools," *Social Sciences*, vol. 12, no. 3, Art. no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/socsci12030118.
- [11] F. Indra Kusuma Budiyanto, I. Hermadi, and M. K. D. Hardhienata, "Prediksi Performa Akademik Mahasiswa untuk Kelulusan Predikat Cum Laude dengan Pendekatan Machine Learning," *JIKA*, vol. 11, no. 1, Art. no. 1, May 2024, doi: 10.29244/jika.11.1.39-49.
- [12] Y. T. Badal and R. K. Sungkur, "Predictive modelling and analytics of students' grades using machine learning algorithms," *Educ Inf Technol*, vol. 28, no. 3, Art. no. 3, Mar. 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11299-8.
- [13] M. Martanto, I. Ali, and M. Mulyawan, "Prediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Machine Learning dengan Teknik Deep Learning," *JPIT*, vol. 4, no. 2–2, Art. no. 2–2, Dec. 2019, doi: 10.30591/jpit.v4i2-2.1877.

Halaman Ini Dikosongkan