

**PERBANDINGAN ALGORITMA *MACHINE LEARNING*
DALAM MEMPREDIKSI PERFORMA SISWA**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun Oleh:

RAPHAEL KUSUMO HENDRIANTO

NPM. 3332180002

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Perbandingan Algoritma *Machine Learning* Dalam
Memprediksi Performa Siswa
Nama Mahasiswa : Raphael Kusumo Hendrianto
NPM : 3332180002
Fakultas : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon 11 September 2023



Raphael Kusumo Hendrianto

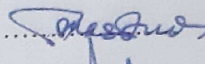
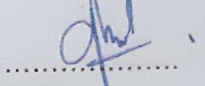
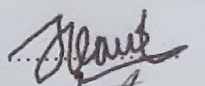
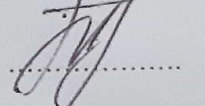
NPM. 3332180002

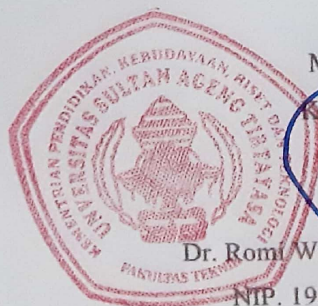
LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa skripsi berikut.

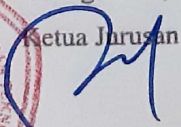
Judul : Perbandingan Algoritma *Machine Learning* Dalam
Memprediksi Performa Siswa
Nama Mahasiswa : Raphael Kusumo Hendrianto
NPM : 3332180002
Fakultas : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 1 Desember 2023 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan dinyatakan LULUS.

	Dewan Penguji	Tanda Tangan
Pembimbing I	: Masjudin, S.T., M.Eng.	
Pembimbing II	: Cakra Adipura Wicaksana, ST., MT.	
Penguji I	: Imamul Muttakin, S.T., M.Eng. Ph.D.	
Penguji II	: Fadil Muhammad, S.T., M.T.	



Mengetahui,
Ketua Jurusan


Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.
NIP. 198307032009121006

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul “Perbandingan Algoritma *Machine Learning* Dalam Memprediksi Performa Siswa”. laporan Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademis untuk menempuh Sarjana Strata 1 (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T). Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa pembekalan materi sampai pada penyusunan laporan kegiatan ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan laporan kegiatan ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa;
2. Bapak Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng, sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan juga sebagai dosen pembimbing akademik saya yang telah memberikan bimbingan akademik selama pembuatan laporan skripsi ini;
3. Bapak Masjudin, S.T., M.Eng, sebagai Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah membimbing serta memberikan arahan dalam penyusunan Skripsi kepada penulis;
4. Bapak Cakra Adipura Wicaksana, ST., MT, sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membimbing serta memberikan arahan dalam penyusunan Skripsi kepada penulis;
5. Ibu Hikmat sebagai guru di SMKN 4 Kota Tangerang yang sudah membantu dalam proses pengumpulan data di SMKN 4 Kota Tangerang.
6. Teman-teman siswa SMKN 4 Kota Tangerang yang telah bersedia membantu mengisi kuisioner penelitian;
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro yang sudah memberikan bantuan dan semangat selama penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menambah pemahaman dan pengetahuan bagi penulis agar menjadi lebih baik kedepannya. Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan

membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dan memberikan semangat untuk mengikuti kegiatan-kegiatan selanjutnya.

Cilegon, 9 September 2023



Raphael Kusumo Hendrianto

3332180002

ABSTRAK

Raphael Kusumo Hendrianto

Teknik Elektro

Perbandingan Algoritma *Machine Learning* Dalam Memprediksi Performa Siswa

Penelitian ini menggunakan sistem *machine learning* untuk memprediksi performa siswa pada tiga mata pelajaran, yaitu Matematika, Bahasa Inggris dan PKn. Penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat sistem prediksi performa siswa menggunakan *machine learning* dengan menggunakan empat algoritma *machine learning* yaitu *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbour*, *Support Vector Machine*, dan *Naive Bayes* untuk memprediksi performa siswa dengan data *training* dan *testing* yang digunakan berasal dari SMKN 4 Kota Tangerang. Hasil dari keempat algoritma ini kemudian dibandingkan satu sama lain dan hasilnya menunjukkan bahwa algoritma *Decision Tree* sebagai algoritma yang terbaik karena memiliki nilai evaluasi model yang paling baik dan juga paling stabil. *Decision Tree* memiliki nilai yang paling baik pada semua metode evaluasi yang digunakan yaitu akurasi, *precision*, *recall*, *F1score*, dan MCC untuk tiga mata pelajaran yang diuji, yaitu Matematika, Bahasa Inggris, dan PKn.

Kata Kunci: *Machine Learning*, *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbour*, *Support Vector Machine*, *Naive Bayes*.

ABSTRACT

Raphael Kusumo Hendrianto
Electrical Engineering

Comparison of Machine Learning Algorithms in Predicting Student Performance

This research employs a machine learning system to predict students' performance in three subjects: Mathematics, English, and Civics. The aim of this study is to develop a student performance prediction system using four machine learning algorithms: Decision Tree, K-Nearest Neighbor, Support Vector Machine, and Naive Bayes. The data used for training and testing is sourced from SMKN 4 Kota Tangerang. The results obtained from these four algorithms are then compared, revealing that the Decision Tree algorithm stands out as the best-performing algorithm. It exhibits the most favorable model evaluation scores and stability among all the algorithms. The Decision Tree algorithm demonstrates superior scores across all evaluation methods, including accuracy, precision, recall, F1-score, and MCC, for the three subjects examined: Mathematics, English, and Civics.

Keywords: Machine Learning, Decision Tree, K-Nearest Neighbour, Support Vector Machine, Naive Bayes.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Decision Tree</i>	4
2.2 <i>Naive Bayes</i>	5
2.3 <i>Support Vector Machine</i>	5
2.4 <i>K-Nearest Neighbour</i>	6
2.5 Python.....	6
2.6 <i>Confusion Matrix</i>	7
2.7 Kajian Pustaka	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Metodologi Penelitian.....	13
3.2 Instrumen Penelitian	13
3.3 Perancangan Penelitian	13
3.4 Pengambilan <i>Dataset</i>	15
3.5 <i>Dataset</i>	15
3.6 Predikat Nilai Siswa	17

3.7	<i>Training Data dan Testing Data</i>	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Hasil Model <i>Machine Learning</i> pada Mata Pelajaran Matematika.....	21
4.1.1	Hasil Model DT pada Mata Pelajaran Matematika.....	21
4.1.2	Hasil Model KNN pada Mata Pelajaran Matematika.....	22
4.1.3	Hasil Model SVM pada Mata Pelajaran Matematika.....	23
4.1.4	Hasil Model NB pada Mata Pelajaran Matematika.....	24
4.2	Hasil Model <i>Machine Learning</i> pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.....	26
4.2.1	Hasil Model DT pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.....	26
4.2.2	Hasil Model KNN pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.....	27
4.2.3	Hasil Model SVM pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.....	28
4.2.4	Hasil Model NB pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.....	29
4.3	Hasil Model <i>Machine Learning</i> pada Mata Pelajaran PKn.....	31
4.3.1	Hasil Model DT pada Mata Pelajaran PKn.....	31
4.3.2	Hasil Model KNN pada Mata Pelajaran PKn.....	32
4.3.3	Hasil Model SVM Pada Mata Pelajaran PKn.....	33
4.3.4	Hasil Model NB pada Mata Pelajaran PKn.....	34
4.4	Evaluasi Model <i>Machine Learning</i> pada Mata Pelajaran Matematika.....	36
4.5	Evaluasi Model <i>Machine Learning</i> pada Pelajaran Bahasa Inggris.....	41
4.6	Evaluasi Model <i>Machine Learning</i> pada Pelajaran PKn.....	45
BAB V PENUTUP		50
5.1.	Kesimpulan.....	50
5.2.	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN A Dokumentasi Kegiatan		A-1
LAMPIRAN B Surat Penelitian Skripsi		B-1
LAMPIRAN C Listing Program		C-1
LAMPIRAN D Variabel Penelitian		D-1
LAMPIRAN E Perancangan Algoritma		E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Confusion Matrix</i>	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 4.1 Matematika DT <i>Confusion Matrix</i> 60:40	21
Gambar 4.2 Matematika KNN <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	22
Gambar 4.3 Matematika SVM <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	24
Gambar 4.4 Matematika NB <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	25
Gambar 4.5 Bahasa Inggris DT <i>Confusion Matrix</i> 60:40	26
Gambar 4.6 Bahasa Inggris KNN <i>Confusion Matrix</i> 60:40	27
Gambar 4.7 Bahasa Inggris SVM <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	29
Gambar 4.8 Bahasa Inggris NB <i>Confusion Matrix</i> 60:40	30
Gambar 4.9 PKn DT <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	31
Gambar 4.10 PKn KNN <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	32
Gambar 4.11 PKn SVM <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	34
Gambar 4.12 PKn NB <i>Confusion Matrix</i> 60:40.....	35
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Nilai Akurasi pada Mata Pelajaran Matematika	36
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Nilai <i>Recall</i> pada Mata Pelajaran Matematika.....	37
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Nilai <i>Precision</i> pada Mata Pelajaran Matematika.....	38
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Nilai <i>F1score</i> pada Mata Pelajaran Matematika.....	39
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Nilai MCC pada Mata Pelajaran Matematika.	40
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Nilai Akurasi pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris ..	41
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Nilai <i>Recall</i> pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.....	42
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Nilai <i>Precision</i> pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris	42
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Nilai <i>F1score</i> pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris. .	43
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Nilai MCC pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris.	44
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Nilai Akurasi pada Mata Pelajaran PKn	45
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Nilai <i>Recall</i> pada Mata Pelajaran PKn.....	46
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Nilai <i>Precision</i> pada Mata Pelajaran PKn	46
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Nilai <i>F1score</i> pada Mata Pelajaran PKn.....	47
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Nilai MCC pada Mata Pelajaran PKn.	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang Nilai Skor MCC.....	10
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	16
Tabel 3.2 Predikat Nilai Siswa.....	17
Tabel 3.3 <i>Binary Classification Training and Testing Data</i> (Matematika).....	17
Tabel 3.4 Matematika <i>Binary Classification Training Data</i> (60%).....	18
Tabel 3.5 Matematika <i>Binary Classification Testing Data</i> (40%).....	18
Tabel 3.6 Bahasa Inggris <i>Binary Classification Training and Testing Data</i>	18
Tabel 3.7 Bahasa Inggris <i>Binary Classification Training Data</i> (60%).....	19
Tabel 3.8 Bahasa Inggris <i>Binary Classification Testing Data</i> (40%).....	19
Tabel 3.9 PKn <i>Binary Classification Training and Testing Data</i>	20
Tabel 3.10 PKn <i>Binary Classification Training Data</i> (60%).....	20
Tabel 3.11 PKn <i>Binary Classification Testing Data</i> (40%).....	20
Tabel 4.1 Matematika DT.....	22
Tabel 4.2 Matematika KNN.....	23
Tabel 4.3 Matematika SVM.....	23
Tabel 4.4 Matematika NB.....	25
Tabel 4.5 Bahasa Inggris DT.....	27
Tabel 4.6 Bahasa Inggris KNN.....	28
Tabel 4.7 Bahasa Inggris SVM.....	28
Tabel 4.8 Bahasa Inggris NB.....	30
Tabel 4.9 PKn DT.....	32
Tabel 4.10 PKn KNN.....	33
Tabel 4.11 PKn SVM.....	33
Tabel 4.12 PKn NB.....	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Edukasi adalah faktor penting perkembangan bangsa dan untuk mencapai tingkat edukasi yang baik, maka tingkat kelulusan siswa juga harus tinggi [1][2]. Masih banyak siswa yang belum lulus dikarenakan faktor-faktor tertentu, misalnya karena mengalami kesulitan pada suatu mata pelajaran tertentu [3][4]. Maka dari itu dibutuhkan cara untuk mengatasi isu ini.

Machine learning merupakan sebuah ilmu komputer yang dapat membuat suatu sistem komputer yang melakukan pembelajaran dari data [5][6]. Proses ini menggunakan metode matematika dan statistika. *Machine learning* merupakan bagian dari teknologi *artificial intelligence*. *Machine learning* dapat digunakan untuk menganalisa faktor-faktor yang memengaruhi performa siswa, sehingga dengan mengetahui faktor-faktor penting tersebut sebuah institusi pendidikan dapat meningkatkan performa siswa dengan memperbaiki faktor-faktor penting yang sudah dianalisa dengan sistem *machine learning* [7]. *Machine learning* memiliki berbagai macam metode yang dapat digunakan, diantaranya seperti *Decision Tree* (DT), *Naive Bayes* (NB), *Support Vector Machine* (SVM), dan *K-Nearest Neighbour* (KNN) [8][9]. Beberapa studi tentang prediksi performa mahasiswa sudah berhasil menggunakan *machine learning* pada penelitian mereka [10][11][12][13][14][15] dan seperti penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan *machine learning* untuk memprediksi performa siswa.

Penelitian ini difokuskan pada perbandingan algoritma *machine learning* dalam membuat prediksi performa siswa. Hal ini karena pada mata pelajaran tertentu yang ada di sekolah, masih banyak siswa yang belum lulus. Berdasarkan alasan itu maka perlu dibuat penelitian tentang prediksi performa siswa dengan menggunakan algoritma DT, KNN, SVM, dan NB. Secara khusus sistem prediksi dibuat dengan sistem *binary classification* (*passed* or *failed*). Hasil dari keempat algoritma ini kemudian dibandingkan satu sama lain untuk menentukan algoritma yang memiliki akurasi prediksi terbaik. Ada beberapa penelitian sebelumnya yang berfokus pada prediksi performa siswa. Penelitian pertama

melakukan prediksi performa siswa pada SMAN 3 Ambon dengan menggunakan 3 teknik *machine learning*, yaitu KNN, DT, dan NB. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa DT memiliki akurasi tertinggi dengan nilai sebesar 99,6% [9]. Hasil ini lebih baik dibanding KNN dan NB. Penelitian lainnya melakukan penelitian untuk membandingkan performa DT dan NB. Penelitian ini menggunakan *machine learning* untuk membandingkan kecepatan dan akurasi dari sistem klasifikasi untuk menentukan penerima beasiswa. Hasil yang didapat dari penelitian menunjukkan bahwa DT memiliki performa lebih baik dengan akurasi sebesar 96,40%, yang dimana hasil tersebut lebih baik dari NB yang mendapatkan akurasi sebesar 95,11% [10].

Penelitian dari Universitas AMIKOM Yogyakarta memiliki tujuan untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa Universitas AMIKOM Yogyakarta dengan menggunakan DT. Secara khusus penelitian ini membandingkan tiga algoritma DT (C4.5, ID3, dan CART). Hasil yang didapat pada penelitian ini menunjukkan bahwa DT C4.5 memiliki performa terbaik dengan nilai akurasi sebesar 76,10% dengan pembagian data yang digunakan adalah 70:30, yaitu 70% untuk *training data* dan 30% untuk *testing data* [11]. Mirip dengan penelitian sebelumnya, penelitian berikutnya membuat penelitian untuk memprediksi performa mahasiswa pada Universitas Duhok, provinsi Duhok, daerah Kurdistan, Iraq. Penelitian ini menggunakan lima algoritma yaitu DT, SVM, KNN, NB, dan *Random Forest* (RF). Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa DT memiliki performa yang paling baik [12].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk memprediksi tingkat kelulusan siswa di SMKN 4 Kota Tangerang pada mata pelajaran Matematika, Bahasa Inggris dan PKn dengan menggunakan algoritma DT, KNN, SVM dan NB. Mata pelajaran ini dipilih karena mata pelajaran ini merupakan mata pelajaran yang penting pada jenjang pendidikan SMK, dengan tujuan untuk mencari algoritma yang memiliki tingkat akurasi prediksi yang tertinggi. Penelitian ini menggunakan lebih banyak variabel dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya dan juga penelitian ini dilakukan di SMK sehingga penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat permasalahan yang akan dikerjakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana cara memprediksi performa siswa menggunakan teknik *machine learning*?
2. Apa algoritma terbaik yang bisa digunakan untuk membuat prediksi performa siswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang hendak dicapai, yaitu:

1. Menerapkan *machine learning* untuk sistem prediksi performa siswa.
2. Mengevaluasi algoritma *machine learning* terbaik yang bisa digunakan untuk membuat prediksi performa siswa.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian berupa:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh bahan informasi yang dapat diberikan kepada staff kependidikan untuk meningkatkan performa siswa.
2. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya terkait algoritma *machine learning* mana yang dapat digunakan untuk membuat prediksi performa siswa.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi sebagai berikut.

1. *Dataset* yang digunakan didapatkan dari *private dataset* yang kemudian dibuat sebagai model untuk sistem prediksi performa siswa.
2. Hasil keluaran yang didapat berupa nilai hasil prediksi performa siswa dengan menggunakan 4 algoritma *machine learning* (DT, KNN, SVM, dan NB).
3. Mata pelajaran yang dijadikan target prediksi adalah Matematika, Bahasa Inggris, dan PKn.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chattopadhyaya D. P., “Education and national development,” in *Theory and Praxis, Routledge India*, 2020, pp. 125–138.
- [2] Safitri A. O., V. D. Yuniarti, and D. Rostika, “Upaya peningkatan pendidikan berkualitas di Indonesia: Analisis pencapaian sustainable development goals (SDGs),” *Jurnal Basicedu*, vol. 6, no. 4, pp. 7096–7106, 2022.
- [3] Budjalemba A. S., and Listyani, “Factors contributing to students difficulties in academic writing class: Students perceptions,” *UC Journal: ELT, Linguistics and Literature Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 135–149, 2020.
- [4] Chong M. S. F., M. Shahrill, and H.-C. Li, “The Integration of a Problem-Solving Framework for Brunei High School Mathematics Curriculum in Increasing Student’s Affective Competency.,” *Journal on Mathematics Education*, vol. 10, no. 2, pp. 215–228, 2019.
- [5] Müller A. C., and S. Guido, *Introduction to machine learning with Python: a guide for data scientists*. “O’Reilly Media, Inc.,” 2016.
- [6] Xia J. C., F. Xie, Y. Zhang, C. Caulfield, “Artificial intelligence and data mining: algorithms and applications,” in *Abstract and Applied Analysis*, 2013, vol. 2013.
- [7] Wahyono T., “Fundamental of Python for Machine Learning,” Yoyakarta: Penerbit Gava Media, 2018.
- [8] Yağcı M., “Educational data mining: prediction of students’ academic performance using machine learning algorithms”, *Smart Learning Environments*, vol. 9, no. 1, p. 11, 2022, doi: <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00192-z>.
- [9] Sun L., X. Xing, Y. Zhou, and X. Hu, “Demand Forecasting for Petrol Products in Gas Stations Using Clustering and Decision Tree,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 22, no. 3, pp. 387–393, 2018, doi: 10.20965/jaciii.2018.p0387
- [10] Pattiasina T., D. Rosiyadi, “Comparison Of Data Mining Classification Algorithm For Predicting The Performance Of High School Students,”

- Techno Nusa Mandiri: Journal of Computing and Information Technology*, vol. 17, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.33480/techno.v17i1.1226.
- [11] Anam C., H. B. Santoso, “Perbandingan Kinerja Algoritma C4. 5 dan Naive Bayes untuk Klasifikasi Penerima Beasiswa,” *Energy-Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, vol. 8, no. 1, pp. 13–19, 2018.
- [12] Budiman A., A. Setyanto, F. W. Wibowo, "Prediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Algoritma C4.5 (Studi Kasus: Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta)," *Teknomatika*, vol. 11, no. 2, pp. 83-93, 2019.
- [13] Sadiq M. H., N. S. Ahmed, “Classifying and predicting students’ performance using improved decision tree C4. 5 in higher education institutes,” *Journal of Computer Science*, vol. 15, no. 9, pp. 1291–1306, 2019.
- [14] Kuntoro R. K., R. Sudarwanto, Sriyanto, "Prediction Of Student Performance Using Decision Tree C 4.5 Algorithm," *Proceeding in International Conference on Information Technology and Business (ICITB)*, 2017.
- [15] Cortez P., A. M. G. Silva, “Using data mining to predict secondary school student performance,” in *Proceedings of the 5th Annual Future Business Technology Conference (FUBUTEC 2008)*, 2008, pp. 5–12.
- [16] Insan N., H Mustika, Irwansyah, “Perbandingan Metode Classification and Regression Trees (CART) dengan Naïve Bayes Classification (NBC) dalam Klasifikasi Status Gizi Balita di Kelurahan Pagesangan Barat,” *Eigen Mathematics Journal*, pp. 9–22, 2020.
- [17] Wulandari D. A. N., R. Annisa, L. Yusuf, T. Prihatin, “Educational Data Mining For Student Academic Prediction Using K-Means Clustering And Naïve Bayes Classifier,” *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, vol. 16, no. 2, Sep. 2020, doi: 10.33480/pilar.v16i2.1432.
- [18] Sunny B., L. George, “Comparative Study Between KNN & SVM,” *International Journal of Advanced Research in Science (IJARSCT), Communication and Technology*, pp. 53–64, Jun. 2022, doi: 10.48175/IJARSCT-4908.

- [19] Setiyorini T., R. T. Asmono, "Implementation Of Gain Ratio And K-Nearest Neighbor For Classification Of Student Performance," *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, vol. 16, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.33480/pilar.v16i1.813.
- [20] Joshi P, *Artificial Intelligence with Python*. 2017. Birmingham: *Packt Publishing Ltd*.
- [21] Alex S., S. V. N. Vishwanathan, *Introduction to Machine Learning*. 2008. *Cambridge: Cambridge University Press*.
- [22] Luque A., A. Carrasco, A. Martín, and A. D. L. Heras, "The impact of class imbalance in classification performance metrics based on the binary confusion matrix," *Pattern Recognition*, vol. 91, pp. 216–231, 2019.
- [23] Bekkar M., H. K. Djemaa, and T. A. Alitouche, "Evaluation measures for models assessment over imbalanced data sets," *Journal of Information Engineering Applications*, vol. 3, no. 10, 2013.
- [24] Gu Q., L. Zhu, and Z. Cai, "Evaluation measures of the classification performance of imbalanced data sets," *Proceedings in Computational Intelligence and Intelligent Systems: 4th International Symposium, ISICA 2009, Huangshi, China, October 23-25, 2009*. *Proceedings 4*, Springer, 2009, pp. 461–471.
- [25] Fadli A., M. I. Zulfa, Y. Ramadhani, "Perbandingan unjuk kerja algoritme klasifikasi data mining dalam sistem peringatan dini ketepatan waktu studi mahasiswa," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 6, no. 4, pp. 158–163, 2018.