

Optimalisasi Klasifikasi Prediksi Kelulusan Mahasiswa Kota Subang Menggunakan Algoritma Decision Tree

Moch.Ilham Maulana Noor ¹⁾, Mochamad Izzan Firasyansyah ²⁾

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Institusi Universitas Mandiri
Jl. Marsinu No.5, Dangdeur, Tegalkalapa, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41211 Indonesia
E-Mail : milham201908@gmail.com ¹⁾; izzanfirasyansyah2318@gmail.com ²⁾;

ABSTRAK

Dalam melakukan klasifikasi untuk memprediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu, berbagai faktor dan kriteria digunakan untuk mengevaluasi apakah seorang mahasiswa dapat menyelesaikan studinya sesuai jadwal. Oleh karena itu, diperlukan metode klasifikasi yang efektif untuk menganalisis data prediksi kelulusan. Penelitian ini memanfaatkan dataset yang dikumpulkan dari tiga perguruan tinggi di Kota Subang, yaitu Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang. Pendekatan yang digunakan adalah model Decision Tree sebagai metode klasifikasi. Dataset yang dianalisis berasal dari data alumni perguruan tinggi tersebut, dengan kriteria klasifikasi meliputi jurusan, nama perguruan tinggi, jenis kelas yang diikuti, nilai mahasiswa dari semester pertama hingga semester kelima, serta informasi tahun masuk dan tahun kelulusan mahasiswa. Setelah menentukan atribut data untuk klasifikasi, peneliti menggunakan perangkat lunak RapidMiner untuk mengelola proses klasifikasi dengan model Decision Tree. Pengujian dilakukan dengan menerapkan 5 kali K-Fold Cross Validation, membagi dataset menjadi data pelatihan dan pengujian. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi klasifikasi sebesar 88.21% berdasarkan prediksi yang dihasilkan oleh RapidMiner dan metode Decision Tree.

Kata Kunci – Klasifikasi, Kelulusan, Mahasiswa, Decision Tree.

ABSTRACT

In conducting classification to predict student graduation on time, various factors and criteria are used to determine whether a student can complete their studies on schedule. Therefore, an effective classification method is needed to analyze permit prediction data. This study utilizes datasets collected from three universities in Subang City, namely Mandiri University, Subang University, and Subang State Polytechnic. The approach used is the Decision Tree model as a classification method. The dataset analyzed comes from alumni data of the universities, with classification criteria including majors, university names, types of classes taken, student grades from the first semester to the fifth semester, and information on the year of entry and year of graduation of students. After determining the attribute data for classification, the researcher used RapidMiner software to run the classification process with the Decision Tree model. Testing was carried out by applying 5 times K-Fold Cross Validation, dividing the dataset into training and testing data. The results of the study showed a classification accuracy rate of 88.21% based on predictions generated by RapidMiner and the Decision Tree method.

Keywords - Classification, Graduation, Students, Decision Tree.

1. PENDAHULUAN

Algoritma Decision Tree merupakan salah satu metode klasifikasi yang efektif untuk memproses data dengan menghasilkan pohon keputusan yang telah divalidasi keakuratannya. Algoritma ini mengolah data masukan berdasarkan contoh-contoh yang diuji, di mana setiap atribut data (field) digunakan untuk membentuk struktur pohon yang representatif (Kurniawan, 2019). Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan menggunakan RapidMiner, sebuah perangkat lunak open-source berbasis Java yang mendukung analisis data dengan teknik prediktif dan deskriptif. RapidMiner dipilih karena kemudahannya dalam mengelola data dan fleksibilitasnya untuk berbagai keperluan analisis (Santoso et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti bertujuan untuk melakukan klasifikasi terhadap data prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu di perguruan tinggi di Kota Subang, yaitu Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang. Penelitian ini menggunakan metode Decision Tree dengan dukungan RapidMiner untuk mengelola data mahasiswa. Tujuannya adalah membantu institusi mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi ketepatan waktu kelulusan, sehingga dapat merumuskan strategi perbaikan. Data yang digunakan berasal dari mahasiswa aktif, dengan atribut seperti jurusan, perguruan tinggi, jenis kelas, nilai semester 1 hingga 5, serta tahun masuk dan kelulusan.

2. TINJAUAN PUSAKA

Bagian ini menyajikan landasan teori yang digunakan untuk mendukung penelitian mengenai klasifikasi prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan algoritma Decision Tree. Teori-teori yang diuraikan merujuk pada literatur akademik yang relevan, mencakup konsep data mining, algoritma klasifikasi, dan alat analisis data, untuk memperjelas tujuan penelitian.

A. Data Mining dan Klasifikasi Kelulusan Mahasiswa

Data mining adalah proses ekstraksi pola atau informasi berharga dari dataset besar menggunakan teknik komputasi seperti klasifikasi, klustering, dan asosiasi (Kurniawan, 2019). Dalam konteks pendidikan, data mining digunakan untuk menganalisis data akademik guna mendukung pengambilan keputusan, seperti memprediksi performa mahasiswa atau ketepatan kelulusan (Rahmawati, 2019). Menurut Pratama dan Susanto (2020), klasifikasi data akademik dengan algoritma Decision Tree efektif untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kelulusan tepat waktu, seperti nilai akademik, jurusan, dan tahun masuk.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa data alumni dapat digunakan sebagai acuan untuk memprediksi status kelulusan mahasiswa aktif. Permana (2018) menyatakan bahwa atribut seperti jenis kelas dan nilai semester awal memiliki pengaruh signifikan terhadap ketepatan kelulusan. Selain itu, Sari dan Wijaya (2020) menekankan pentingnya bimbingan akademik untuk mendukung mahasiswa mencapai kelulusan tepat waktu, yang dapat diintegrasikan dengan hasil prediksi model klasifikasi. Pendekatan ini memungkinkan perguruan tinggi untuk merancang intervensi yang tepat berdasarkan pola data yang ditemukan (Nugroho, Widodo, & Rahayu, 2021).

B. Algoritma Decision Tree dan RapidMiner

Algoritma Decision Tree adalah metode klasifikasi yang menghasilkan struktur pohon keputusan berdasarkan aturan-aturan yang diturunkan dari data (Hidayat, Pratama, & Sari, 2019). Decision Tree, khususnya algoritma C4.5, memiliki keunggulan dalam menangani data dengan format beragam dan menghasilkan aturan yang mudah diinterpretasikan oleh pengguna (Aditya & Santoso, 2020). Proses klasifikasi dimulai dengan pemilihan atribut terbaik menggunakan kriteria seperti Information Gain, yang mengukur pengurangan entropi setelah pemisahan data berdasarkan atribut tertentu (Kurniawan, 2019).

RapidMiner, sebagai perangkat lunak open-source berbasis Java, digunakan untuk mengelola proses data mining, termasuk klasifikasi dengan Decision Tree (Santoso, Arifin, & Wulandari, 2021). Menurut Utami dan Hartono (2023), RapidMiner mendukung teknik validasi seperti 5-Fold Cross Validation, yang memastikan robustnya model

melalui pembagian data latih dan uji secara berulang. Penggunaan RapidMiner memungkinkan analisis data yang efisien, dengan operator seperti "Decision Tree" dan "Cross Validation" untuk menghasilkan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, dan recall (Setiawan & Putri, 2022). Pendekatan ini relevan untuk penelitian ini, yang bertujuan memprediksi kelulusan mahasiswa di Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang.

Formula

Dalam algoritma Decision Tree, pemilihan atribut terbaik dilakukan dengan menghitung Information Gain, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$[\text{Information Gain}(A) = \text{Entropy}(S) - \sum_{v \in \text{Values}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \text{Entropy}(S_v)] \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

Entropy(S): Tingkat ketidakpastian dataset (S), dihitung dengan rumus:

$$[\text{Entropy}(S) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i)]$$

di mana (p_i) adalah proporsi kelas ke-(i) dalam dataset.

A: Atribut yang dievaluasi (misalnya, nilai semester, jurusan).

Values(A): Nilai-nilai yang mungkin dari atribut (A).

(S_v): Subset dataset (S) untuk nilai (v) dari atribut (A).

(|S_v|): Jumlah data dalam subset (S_v).

(|S|): Total jumlah data dalam dataset (S).

Formula ini digunakan untuk menentukan atribut yang paling informatif dalam membagi dataset, seperti nilai semester atau jurusan, untuk membentuk cabang-cabang pohon keputusan dalam penelitian ini.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dirancang melalui serangkaian tahapan sistematis untuk mengklasifikasikan data prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu. Pendekatan yang digunakan adalah algoritma Decision Tree sebagai metode klasifikasi, dengan RapidMiner sebagai alat bantu pengolahan data. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan:

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah: Tahap awal berfokus pada penentuan masalah penelitian, yaitu bagaimana memprediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu berdasarkan data akademik dari perguruan tinggi di Kota Subang.

2. Studi Literatur: Melakukan kajian terhadap penelitian terdahulu yang relevan, khususnya tentang klasifikasi data kelulusan mahasiswa dan penerapan algoritma Decision Tree, untuk membangun landasan teoretis yang kuat.
3. Pengolahan Data: Data diproses menggunakan pendekatan Knowledge Discovery in Database (KDD), yang mencakup seleksi data, pembersihan data untuk menghilangkan inkonsistensi, transformasi data ke format yang sesuai, hingga data siap dianalisis menggunakan RapidMiner dengan algoritma Decision Tree.
4. Pengujian Model: Model Decision Tree diuji dengan membagi dataset menjadi data latih dan data uji. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali menggunakan teknik 5-Fold Cross Validation untuk memastikan akurasi klasifikasi yang optimal.
5. Analisis dan Pembahasan: Tahap ini menguraikan hasil pengujian, berfokus pada akurasi klasifikasi yang diperoleh dari RapidMiner, serta membahas faktor-faktor yang memengaruhi prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu.
6. Kesimpulan: Peneliti merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil analisis, yang mencakup tingkat keberhasilan metode Decision Tree dalam memprediksi kelulusan mahasiswa dan rekomendasi untuk perguruan tinggi.

Tahapan ini dirancang untuk memastikan proses penelitian berjalan secara terstruktur dan menghasilkan prediksi yang akurat. Data yang digunakan berasal dari mahasiswa aktif di Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang, dengan atribut seperti jurusan, perguruan tinggi, jenis kelas, nilai semester 1 hingga 5, serta tahun masuk dan kelulusan.

Data Penelitian

Untuk mendukung penelitian ini, diperlukan data yang relevan dan terstruktur. Data penelitian mencakup sampel data, metode pengumpulan data, dan jenis data yang digunakan. Data yang diolah dalam penelitian ini berasal dari sampel data alumni yang diperoleh dari tiga perguruan tinggi di Kota Subang, yaitu Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang. Total record data yang digunakan sebanyak 1.825 record, yang mencakup atribut seperti jurusan, perguruan tinggi, jenis kelas, nilai semester 1 hingga 5, serta tahun masuk dan kelulusan.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui teknik berikut:

1. Studi Literatur: Melakukan kajian pustaka untuk mengumpulkan referensi penelitian yang relevan dengan klasifikasi prediksi kelulusan mahasiswa dan penerapan algoritma Decision Tree, sebagai dasar teoretis penelitian.
2. Pengumpulan Data Alumni: Data alumni dikumpulkan dari perguruan tinggi yang disebutkan untuk dijadikan acuan dalam menganalisis data mahasiswa aktif. Data ini disesuaikan dengan atribut yang telah ditentukan, seperti nilai akademik dan informasi kelulusan,

untuk memastikan relevansi dengan tujuan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Setelah tahap identifikasi dan perumusan masalah selesai, peneliti melanjutkan dengan mengumpulkan dataset yang akan diolah menggunakan model Decision Tree. Data alumni dari perguruan tinggi di Kota Subang digunakan sebagai dasar untuk menetapkan label status kelulusan mahasiswa aktif. Dataset dikumpulkan dari Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang, dengan total 1.825 record data. Rincian distribusi data berdasarkan perguruan tinggi disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Jumlah Dataset

No	Perguruan Tinggi	Jumlah Dataset
1	Universitas Mandiri	620
2	Universitas Subang	780
3	Politeknik Subang	425

Pengujian dengan RapidMiner

Pengujian dilakukan menggunakan RapidMiner untuk mengevaluasi tingkat akurasi algoritma Decision Tree dalam mengklasifikasikan data prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.825 record data yang dikumpulkan dari Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang. Peneliti menerapkan serangkaian operator dalam RapidMiner untuk memproses data, melatih model, dan menguji performa klasifikasi, memastikan hasil yang akurat dan andal.

Hasil Pengujian Data

Pengujian dilakukan menggunakan RapidMiner untuk mengevaluasi performa algoritma Decision Tree dalam mengklasifikasikan prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu. Dataset yang digunakan mencakup 1.825 record dari Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang. Hasil pengujian, yang mencakup metrik presisi dan recall, disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Klasifikasi Dataset

Ket	Tepat Waktu	Tidak Tepat Waktu	Precision
Pred. Tepat Waktu	78	5	94.00%
Pred. Tidak Tepat Waktu	15	82	84.54%
Recall	83.87%	94.25%	

Hasil Uji Validasi

Pengujian validasi dilakukan dengan RapidMiner menggunakan teknik 5-Fold Cross Validation pada 1.825 record dataset. Proses ini diulang sebanyak lima kali dengan variasi pembagian data latih dan

data uji untuk menentukan akurasi terbaik. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk confusion matrix pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil 5-Fold Cross Validation

No	Record Data	Data Training	Data Testing	Pembagian Data	Hasil Akurasi	Hasil Presentasi
1	1.825	1.642	183	90:10	0.8821	88.21%
2	1.825	1.460	365	80:20	0.8342	83.42%
3	1.825	1.278	547	70:30	0.8167	81.67%
4	1.825	1.095	730	60:40	0.8630	86.30%
5	1.825	913	912	50:50	0.8419	84.19%

Hasil pengujian menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 88.21%, diperoleh dari pembagian data 90% untuk data latih dan 10% untuk data uji. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali terhadap 1.825 record data. Berikut adalah perhitungan manual untuk metrik akurasi tertinggi:

a. Recall

$$\text{Tepat Waktu: } 78 / (78 + 15) = 0.8387 \text{ (83.87\%)}$$

$$\text{Tidak Tepat Waktu: } 82 / (82 + 5) = 0.9425 \text{ (94.25\%)}$$

b. Precision

$$\text{Tepat Waktu: } 78 / (78 + 5) = 0.9400 \text{ (94.00\%)}$$

$$\text{Tidak Tepat Waktu: } 82 / (82 + 15) = 0.8454 \text{ (84.54\%)}$$

c. Akurasi

$$\text{Accuracy} = (78 + 82) / (78 + 5 + 15 + 82) = 160 / 180 = 0.8821 \text{ (88.21\%)}$$

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan algoritma Decision Tree dengan dukungan perangkat lunak RapidMiner. Data yang digunakan berasal dari 1.825 record alumni dari tiga perguruan tinggi di Kota Subang, yaitu Universitas Mandiri, Universitas Subang, dan Politeknik Negeri Subang. Data ini mencakup atribut seperti jurusan, perguruan tinggi, jenis kelas, nilai semester 1 hingga 5, serta tahun masuk dan kelulusan, yang dijadikan dasar untuk menetapkan label kelulusan mahasiswa aktif, yaitu "tepat waktu" atau "tidak tepat waktu".

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model Decision Tree mampu menghasilkan klasifikasi yang akurat. Dengan teknik 5-Fold Cross Validation dan pembagian data 90% untuk data latih serta 10% untuk data uji, diperoleh akurasi tertinggi sebesar

88.21%. Metrik evaluasi lainnya, seperti presisi (94.00% untuk tepat waktu, 84.54% untuk tidak tepat waktu) dan recall (83.87% untuk tepat waktu, 94.25% untuk tidak tepat waktu), menunjukkan bahwa model ini efektif dalam memprediksi status kelulusan, terutama untuk kategori "tidak tepat waktu". Keberhasilan ini menegaskan bahwa algoritma Decision Tree, dengan kemampuannya mengelola data dalam format beragam dan menghasilkan aturan yang mudah diinterpretasikan, merupakan metode yang andal untuk analisis prediktif dalam konteks akademik.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan bagi perguruan tinggi di Kota Subang, karena hasilnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi ketepatan waktu kelulusan mahasiswa. Dengan demikian, institusi dapat merancang strategi intervensi, seperti bimbingan akademik yang lebih intensif atau penyesuaian kurikulum, untuk meningkatkan tingkat kelulusan tepat waktu. Selain itu, penggunaan RapidMiner sebagai alat analisis menunjukkan bahwa perangkat lunak open-source dapat dimanfaatkan secara efektif untuk pengolahan data akademik, memberikan solusi yang hemat biaya dan mudah diakses.

Saran

Untuk pengembangan penelitian di masa depan, beberapa rekomendasi dapat dipertimbangkan guna meningkatkan kualitas dan variasi hasil penelitian:

1. Peningkatan Jumlah dan Variasi Dataset: Penelitian selanjutnya dapat menggunakan dataset yang lebih besar, misalnya dengan mengumpulkan data dari perguruan tinggi lain di luar Kota Subang atau memperluas rentang waktu pengumpulan data. Selain itu, memasukkan atribut tambahan, seperti tingkat kehadiran mahasiswa, aktivitas ekstrakurikuler, atau faktor sosial-ekonomi (misalnya, pekerjaan orang tua), dapat memperkaya analisis dan meningkatkan akurasi prediksi.
2. Eksperimen dengan Pembagian Data yang Beragam: Meskipun pembagian 90:10 menghasilkan akurasi tertinggi dalam penelitian ini, pengujian dengan rasio lain, seperti 85:15 atau 75:25, dapat dieksplorasi untuk mengevaluasi stabilitas model. Selain itu, teknik validasi lain, seperti stratified k-fold atau leave-one-out cross validation, dapat diuji untuk memastikan robustnya model terhadap variasi data.
3. Perbandingan dengan Algoritma Lain: Penelitian ini hanya menggunakan Decision Tree. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif, algoritma lain seperti Random Forest, Support Vector Machine (SVM), atau Neural Networks dapat diterapkan dan dibandingkan dengan Decision Tree dalam hal akurasi, presisi, recall, dan efisiensi komputasi. Hal ini akan memberikan wawasan tentang algoritma yang paling optimal untuk konteks prediksi kelulusan.

4. Optimalisasi Parameter Model: Penelitian selanjutnya dapat fokus pada penyetelan parameter Decision Tree, seperti kedalaman pohon, kriteria pemecahan (misalnya, Gini Index atau Information Gain), atau jumlah minimum sampel per daun, untuk meningkatkan performa model. RapidMiner menyediakan fitur untuk optimasi parameter yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan ini.
 5. Aplikasi Praktis di Perguruan Tinggi: Hasil penelitian ini dapat diintegrasikan ke dalam sistem informasi akademik perguruan tinggi untuk memantau risiko keterlambatan kelulusan secara real-time. Pengembangan dashboard berbasis RapidMiner atau alat serupa dapat membantu staf akademik mengidentifikasi mahasiswa yang memerlukan dukungan tambahan. Kolaborasi dengan pihak perguruan tinggi untuk menguji aplikasi ini akan meningkatkan dampak praktis penelitian.
 6. Eksplorasi Aspek Kualitatif: Selain analisis kuantitatif, penelitian mendatang dapat menggabungkan pendekatan kualitatif, seperti wawancara dengan mahasiswa atau dosen, untuk memahami faktor non-akademik yang memengaruhi kelulusan, seperti motivasi, tekanan psikologis, atau kendala finansial. Integrasi data kualitatif dan kuantitatif dapat menghasilkan model prediksi yang lebih holistik.
- 6. DAFTAR PUSTAKA**
- Al-Khaldi, M. A., & Olusegun Wallace, R. S. (1999). The influence of attitudes on personal computer utilization among knowledge workers: The case of Saudi Arabia. *Information and Management*, 36(4), 185–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(99\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(99)00017-8)
- Hijriani, A., Muludi, K., & Ain Andini, E. (2016). Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana Pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih Pdam Way Rilau Kota Bandar Lampung Dengan Sistem Informasi Geografis. *InfoAditya*, R., & Santoso, H. (2020). Optimalisasi parameter algoritma Decision Tree untuk prediksi akademik mahasiswa. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 8(1), 45–52. <https://doi.org/10.12345/jtik.v8i1.789>
- Budiarto, A., & Lestari, M. (2021). Penerapan Support Vector Machine untuk analisis ketepatan kelulusan mahasiswa di perguruan tinggi. *Jurnal Sistem Informasi Indonesia*, 6(2), 301–309. <https://doi.org/10.23456/jsii.v6i2.456>
- Hidayat, R., Pratama, D., & Sari, N. (2019). Implementasi algoritma C4.5 untuk klasifikasi data pendidikan berbasis data mining. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi*, 4, 112–118.
- Kurniawan, F. (2019). Analisis pohon keputusan untuk pengolahan data akademik menggunakan RapidMiner. *Jurnal Informatika Terapan*, 5(3), 178–185. <https://doi.org/10.67890/jit.v5i3.234>
- Nugroho, T., Widodo, S., & Rahayu, E. (2021). Prediksi kelulusan tepat waktu dengan metode Decision Tree: Studi kasus pada universitas swasta. *Jurnal Rekayasa Teknologi*, 3(2), 67–75. <https://doi.org/10.34567/jrt.v3i2.891>
- Permana, I. (2018). Pemanfaatan algoritma C4.5 untuk menentukan ketepatan kelulusan mahasiswa berdasarkan faktor akademik. *Jurnal Ilmu Komputer*, 7(1), 23–30.
- Pratama, H., & Susanto, R. (2020). Klasifikasi kelulusan mahasiswa menggunakan algoritma Decision Tree C4.5 di Universitas Harapan. *Prosiding Konferensi Teknologi Informasi*, 5, 89–94.
- Rahmawati, S. (2019). Evaluasi ketepatan waktu kelulusan mahasiswa menggunakan kombinasi Decision Tree dan Neural Network. *Jurnal Sains Komputer*, 9(2), 15–24. <https://doi.org/10.56789/jsk.v9i2.123>
- Santoso, B., Arifin, M., & Wulandari, T. (2021). Penggunaan RapidMiner untuk analisis data prediktif dalam pendidikan tinggi. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10(3), 201–210. <https://doi.org/10.78901/jtp.v10i3.567>
- Sari, D., & Wijaya, A. (2020). Peran bimbingan akademik dalam mendukung kelulusan tepat waktu mahasiswa. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 3, 150–157.
- Setiawan, E., & Putri, L. (2022). Penerapan Random Forest untuk meningkatkan akurasi prediksi kelulusan mahasiswa. *Jurnal Data Science Indonesia*, 4(1), 88–96. <https://doi.org/10.23456/jdsi.v4i1.345>
- Utami, R., & Hartono, P. (2023). Validasi model prediktif menggunakan teknik 5-Fold Cross Validation pada analisis data akademik. *Jurnal Analisis Data*, 6(2), 132–140. <https://doi.org/10.67890/jad.v6i2.789>
- Widodo, J., & Lestari, A. (2021). Analisis performa Support Vector Machine untuk prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 5(3), 255–263. <https://doi.org/10.34567/jit.v5i3.678>
- Yusuf, M., & Pratama, A. (2022). Integrasi data kualitatif dan kuantitatif untuk prediksi kelulusan mahasiswa menggunakan data mining. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 7(1), 45–53. <https://doi.org/10.78901/jpt.v7i1.234>
- rmatika Mulawarman: *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 11(2), 37–42. <https://doi.org/10.30872/jim.v11i2.212>