

**SISTEM REKOMENDASI BERBASIS MACHINE LEARNING UNTUK
MEMPREDIKSI KELULUSAN MAHASISWA TEPAT WAKTU
STUDI KASUS DI UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**



Oleh

Hardiansyah Putra

PROPOSAL DISERTASI

Diajukan Diajukan Kepada Fakultas Informatika

Telkom University Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Guna Memperoleh Gelar Doktor Informatika

BANDUNG

2025

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Permasalahan	2
1.3. Batasan Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II	4
LANDASAN TEORI	4
2.1. Prediksi Kelulusan Mahasiswa.....	4
2.2. Machine Learning dalam Pendidikan	4
2.3. Sistem Rekomendasi	4
2.4. Kelulusan Mahasiswa.....	4
2.5. Algoritma Machine Learning	5
2.5.1. Logistic Regression	6
2.5.2. Decision Tree.....	6
2.5.3. Support Vector Machine	7
2.5.4. Gradient Boosting.....	7
2.5.5. k-Nearest Neighbors	8
2.5.6. Random Forest.....	8
2.6. Kriteria Evaluasi Model Machine Learning	9
BAB III.....	11
METODE PENELITIAN	11
3.1. Metode Pengumpulan Data	11
BAB V	12
KESIMPULAN DAN SARAN	12
5.1. Kesimpulan.....	12
5.2. Saran	12
DAFTAR PUSTAKA	14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendidikan tinggi di Indonesia memegang peranan penting dalam membentuk mahasiswa-mahasiswi yang unggul, berkualitas, dan mampu bersaing di kancan global dan memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap lulusannya memiliki kompetensi yang sesuai dengan profil lulusan dari program studi yang diikuti. Agar dapat mempertahankan kualitas pendidikan dan meraih akreditasi yang unggul, perguruan tinggi perlu mengelola proses pendidikan secara efisien, termasuk memantau serta meningkatkan tingkat kelulusan mahasiswa.

Akreditasi perguruan tinggi merupakan salah satu indikator penting dalam menilai mutu pendidikan, di mana tingkat kelulusan mahasiswa menjadi komponen penilaian yang mendapat perhatian besar. Rendahnya tingkat kelulusan dapat memberikan dampak buruk terhadap citra institusi dan menjadi hambatan bagi mahasiswa untuk menyelesaikan studi tepat waktu.

Akreditasi yang unggul tidak hanya menunjukkan kualitas akademik yang tinggi, tetapi juga berperan sebagai elemen penting dalam meningkatkan daya saing universitas baik di tingkat nasional maupun internasional. Persentase kelulusan mahasiswa merupakan salah satu aspek penting dalam penilaian akreditasi yang mendapat perhatian besar. Tingginya tingkat kelulusan mencerminkan bahwa proses pembelajaran di perguruan tinggi tersebut berjalan secara efektif, sedangkan rendahnya tingkat kelulusan dapat mengindikasikan adanya permasalahan dalam sistem pendidikan yang perlu segera ditangani oleh institusi tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, penerapan data mining menjadi sangat relevan untuk memprediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu. Data mining memberikan kemampuan bagi perguruan tinggi untuk mengeksplorasi pola dan keterkaitan tersembunyi dalam data akademik, sehingga dapat memperoleh wawasan yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kelulusan mahasiswa. Dengan mengenali pola-pola tersebut, perguruan tinggi dapat mengambil keputusan yang

lebih akurat dalam merancang program pendidikan yang lebih optimal serta menyediakan dukungan akademik yang lebih maksimal bagi mahasiswa.

Beberapa judul penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pembahasan penelitian ini adalah **Implementasi Algoritma Random Forest untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa Berdasarkan Data Akademik** yang menghasilkan bahwa algoritma Hutan Random memiliki akurasi 87,5% dalam memprediksi status kelulusan siswa, serta presisi 86,3% dan recall 85,9 %.

Adapun judul penelitian terdahulu lainnya adalah **Data Mining Berbasis Machine Learning Untuk Analitik Prediktif Dalam Kelulusan** yang menghasilkan bahwa LDA memberikan kinerja terbaik dengan akurasi 86,20%, diikuti oleh Ridge dan LR. Model LDA menunjukkan performa unggul seperti recall dan F1-Score, menjadikannya model paling efektif untuk prediksi kelulusan.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti mengangkat judul penelitian **Sistem Rekomendasi Berbasis Machine Learning Untuk Memprediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu**

1.2. Perumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut, perumusan masalah dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Bagaimana memodelkan prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan algoritma machine learning?
2. Algoritma machine learning apa yang paling optimal untuk memprediksi kelulusan tepat waktu?
3. Bagaimana merancang sistem rekomendasi yang dapat memberikan intervensi akademik berdasarkan hasil prediksi?

1.3. Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan penelitian, adapun batasan masalah yang akan ditulis dalam pembahasan penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan pada data akademik mahasiswa Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Penelitian ini berfokus pada pengembangan model klasifikasi kelulusan tepat waktu dan sistem rekomendasi intervensi.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk memodelkan prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan algoritma machine learning?
2. Untuk membandingkan kinerja beberapa algoritma machine learning dalam prediksi kelulusan?
3. Untuk merancang sistem rekomendasi yang dapat memberikan intervensi akademik berdasarkan hasil prediksi?

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah kontribusi ilmiah dalam bidang penerapan AI dan machine learning di pendidikan tinggi.
2. Memberikan alat bantu bagi pihak akademik untuk mendeteksi dini mahasiswa berisiko dan mengusulkan solusi intervensi yang tepat.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Prediksi Kelulusan Mahasiswa

Prediksi kelulusan mahasiswa adalah upaya untuk memperkirakan apakah seorang mahasiswa akan menyelesaikan studinya dalam rentang waktu yang telah ditentukan. Faktor-faktor yang berpengaruh antara lain IPK, jumlah SKS yang ditempuh, aktivitas organisasi, status beasiswa, dan data kehadiran. Model prediksi yang baik dapat membantu pihak kampus dalam memberikan dukungan akademik yang lebih terarah. [1]

2.2. Machine Learning dalam Pendidikan

Machine Learning (ML) merupakan cabang ilmu yang memungkinkan komputer untuk mempelajari dan meniru perilaku manusia, serta secara otomatis meningkatkan kemampuannya seiring waktu, melalui pemberian data dan informasi yang berfungsi sebagai pengalaman dan interaksi dari dunia nyata mahasiswa. Dalam konteks pendidikan, ML digunakan untuk analisis performa akademik, prediksi drop-out, sistem penilaian adaptif, dan rekomendasi personal. [2]

2.3. Sistem Rekomendasi

Sistem rekomendasi adalah sistem yang memberikan saran atau masukan kepada pengguna berdasarkan pola atau preferensi yang terdeteksi dari data historis. Dalam penelitian ini, sistem rekomendasi digunakan untuk menyarankan intervensi kepada mahasiswa yang diprediksi tidak lulus tepat waktu. Sistem rekomendasi merupakan jenis sistem penyaringan informasi yang bertujuan untuk memprediksi peringkat atau preferensi yang akan diberikan oleh pengguna terhadap suatu item atau elemen sosial yang sebelumnya belum mereka pertimbangkan. [3]

2.4. Kelulusan Mahasiswa

Beberapa teori utama yang menjadi landasan dalam memahami kelulusan mahasiswa adalah :

1. Teori Integrasi Akademik dan Sosial

Teori ini menyatakan bahwa mahasiswa akan bertahan dan lulus apabila mereka terintegrasi secara baik dalam lingkungan akademik dan sosial kampus. Integrasi akademik mencakup pencapaian akademik dan keterlibatan dalam proses pembelajaran, sedangkan integrasi sosial mencakup hubungan interpersonal dan partisipasi dalam kegiatan organisasi. Kurangnya integrasi dapat menyebabkan risiko ketidakihtulusan atau drop-out. [4]

2. Model Input-Environment-Output

Teori ini menyampaikan bahwa hasil pendidikan (output), termasuk kelulusan, dipengaruhi oleh karakteristik awal mahasiswa (input) dan lingkungan kampus (environment). Input mencakup nilai akademik awal, motivasi, dan latar belakang sosial ekonomi, sedangkan lingkungan mencakup fasilitas pendidikan, dukungan akademik, dan pengalaman belajar. [5]

3. Teori Self-Regulated Learning

Teori ini menjelaskan bahwa mahasiswa yang memiliki kemampuan regulasi diri, seperti perencanaan studi, pengelolaan waktu, dan evaluasi hasil belajar, cenderung mencapai hasil akademik yang lebih baik dan menyelesaikan studi tepat waktu. [6]

4. Teori Motivation and Retention

Teori ini menekankan bahwa motivasi internal, dukungan keluarga, dan tekanan eksternal seperti pekerjaan atau kondisi ekonomi mempengaruhi keputusan mahasiswa untuk bertahan dan lulus. Kurangnya dukungan atau tingginya tekanan eksternal dapat menyebabkan keterlambatan kelulusan. [7]

2.5. Algoritma Machine Learning

Algoritma machine learning merupakan seperangkat metode matematis atau statistik yang dirancang untuk mengidentifikasi pola dalam data dan memanfaatkannya dalam melakukan prediksi atau pengambilan keputusan tanpa instruksi pemrograman yang eksplisit. Beberapa kategori algoritma supervised learning yang dapat digunakan sebagai berikut : [8]

2.5.1. Logistic Regression

Logistic Regression adalah algoritma supervised learning yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu atau lebih variabel independen (fitur) dengan variabel dependen kategorikal (label), khususnya untuk masalah klasifikasi biner. Rumus dasar yang dapat digunakan adalah : [9]

$$P(y = 1|X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)}}$$

Keterangan :

$P(y=1|X)$: probabilitas bahwa output adalah 1, diberikan input X

β : koefisien model

x : nilai fitur

e : bilangan Euler

2.5.2. Decision Tree

Decision Tree adalah salah satu algoritma dalam supervised learning yang digunakan untuk klasifikasi maupun regresi. Decision Tree bekerja dengan memetakan data ke dalam bentuk struktur pohon, di mana setiap node internal merepresentasikan pengujian terhadap suatu atribut, setiap cabang merepresentasikan hasil dari pengujian, dan setiap daun (leaf node) merepresentasikan label keputusan atau output akhir. Cara Kerja Decision Tree adalah : [10]

- a. Memilih fitur terbaik untuk dilakukan split (pembagian)
- b. Kriteria pemilihan fitur biasanya berdasarkan :
 - Information Gain (berbasis Entropy)
 - Gini Index (khusus untuk CART)
 - Gain Ratio (untuk menangani bias terhadap banyak kategori)
- c. Pembagian dilakukan secara rekursif hingga :
 - Semua data dalam satu node memiliki kelas yang sama, atau
 - Kriteria berhenti tertentu tercapai (misalnya, batas kedalaman pohon, jumlah minimum data, dll)

Struktur Sederhana Decision Tree :

Apakah IPK > 3.0?

└─ Ya → Apakah SKS lulus > 120?

| └─ Ya → Lulus Tepat Waktu

| └─ Tidak → Tidak Tepat Waktu

└─ Tidak → Tidak Tepat Waktu

2.5.3. Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) adalah salah satu algoritma supervised learning yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi, namun lebih sering digunakan untuk tugas klasifikasi. SVM bekerja dengan cara mencari hyperplane terbaik yang memisahkan data ke dalam dua kelas yang berbeda dengan margin maksimum. Fungsi keputusan SVM (untuk linear SVM) dapat ditulis sebagai berikut : [11]

$$f(x) = w^T x + b$$

Keterangan :

w : bobot (weight)

b : bias

x : vektor input

Hyperplane optimal diperoleh dengan memaksimalkan margin dan meminimalkan kesalahan klasifikasi.

2.5.4. Gradient Boosting

Gradient Boosting adalah salah satu teknik ensemble learning dalam machine learning yang digunakan untuk membangun model prediktif kuat dengan cara menggabungkan sejumlah model lemah (weak learners), biasanya berupa decision tree yang dangkal (shallow). Proses kerja gradient boosting sebagai berikut : [12]

- a. Inisialisasi model dengan prediksi awal (misalnya rata-rata).
- b. Hitung residual (kesalahan prediksi).
- c. Latih decision tree untuk memetakan fitur terhadap residual.
- d. Tambahkan model baru ke model sebelumnya, dikalikan dengan learning rate.
- e. Ulangi langkah 2–4 selama sejumlah iterasi tertentu.

2.5.5. k-Nearest Neighbors

k-Nearest Neighbors (k-NN) adalah algoritma machine learning non-parametrik yang digunakan untuk tugas klasifikasi maupun regresi. Dalam konteks klasifikasi, k-NN menentukan kelas dari suatu data baru berdasarkan kemiripan (proximity) dengan sejumlah data terdekat dalam dataset pelatihan. Prinsip kerjanya sebagai berikut :

- a. Mengukur jarak antara data baru dan seluruh data dalam dataset pelatihan.
- b. Menentukan k data tetangga terdekat (dengan nilai k tertentu).
- c. Mengklasifikasikan data baru berdasarkan mayoritas kelas dari k tetangga tersebut.

Fungsi jarak ini digunakan untuk menghitung jarak lurus antara dua titik dalam ruang berdimensi-n dengan rumus sebagai berikut :

$$d(p, q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}$$

Keterangan :

p = vektor fitur dari data baru

q = vektor fitur dari data dalam dataset

n = jumlah fitur

d(p, q) = jarak antara titik p dan q

2.5.6. Random Forest

Random Forest adalah salah satu algoritma ensemble learning yang digunakan dalam supervised learning untuk tugas klasifikasi dan regresi.

Algoritma ini bekerja dengan membangun sejumlah decision tree (pohon keputusan) pada subset data yang berbeda, kemudian menggabungkan hasil prediksi masing-masing pohon untuk menghasilkan prediksi akhir yang lebih akurat dan stabil. Prinsip kerja : [11]

a. Bootstrap Sampling

Random Forest menggunakan teknik bagging (bootstrap aggregating), yaitu mengambil sampel data secara acak (dengan pengembalian) dari dataset pelatihan untuk membangun tiap pohon keputusan.

b. Pembangunan Banyak Pohon

Setiap pohon dilatih pada subset data yang berbeda dan hanya mempertimbangkan subset acak dari fitur saat membagi simpul (node). Ini membuat tiap pohon berbeda satu sama lain.

c. Voting atau Rata-rata

- Untuk klasifikasi : hasil prediksi ditentukan oleh mayoritas suara (voting) dari semua pohon.
- Untuk regresi : hasil prediksi dihitung dengan rata-rata nilai prediksi dari semua pohon.

2.6. Kriteria Evaluasi Model Machine Learning

Dalam penelitian ini, performa algoritma akan diukur dengan metrik seperti :

a. Accuracy

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

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

Keterangan :

TP : Data aktual positif dan diprediksi positif (misal: mahasiswa benar-benar lulus tepat waktu dan model memprediksi benar).

TN : Data aktual negatif dan diprediksi negatif.

FP : Data aktual negatif tapi diprediksi positif (model salah).

FN : Data aktual positif tapi diprediksi negatif (model salah).

b. Precision

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

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

Keterangan :

TP : Data aktual positif dan diprediksi positif (misal: mahasiswa benar-benar lulus tepat waktu dan model memprediksi benar).

FP : Data aktual negatif tapi diprediksi positif (model salah).

c. Recall

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

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

Keterangan :

TP : Data aktual positif dan diprediksi positif (misal: mahasiswa benar-benar lulus tepat waktu dan model memprediksi benar).

FN : Data aktual positif tapi diprediksi negatif (model salah).

d. F1-Score

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{F1-score} = 2 \cdot \frac{\text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

e. ROC Curve dan Area Under Curve (AUC)

- ROC Curve : Grafik yang menunjukkan hubungan antara True Positive Rate (Recall) dan False Positive Rate (FPR) pada berbagai threshold.
- AUC : Luas di bawah ROC Curve; nilai antara 0 dan 1

f. Cross-Validation (k-Fold CV)

- Evaluasi dilakukan melalui k-fold cross-validation agar hasilnya stabil dan tidak tergantung pada satu set data pembagian saja.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan penelitian ini, beberapa metode yang digunakan untuk mengumpulkan data – data yang akan dipergunakan sebagai berikut :

1. Wawancara

Penelitian ini dilakukan dengan berdiskusi seta tanya jawab kepada bagian akademik untuk mendapatkan data mahasiswa semester 1 - semester 6.

2. Observasi

Penelitian melakukan pengamatan langsung pada setiap semester yang dijalani oleh mahasiswa.

3. Studi Pustaka

Penelitian ini melakukan pencarian referensi - referensi yang berkaitan dengan permasalahan agar memperoleh data dan informasi yang sejalan dengan topik penelitian. Beberapa sumber yang didapat seperti jurnal, prosiding dan buku.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi kelulusan mahasiswa tepat waktu dengan memanfaatkan algoritma machine learning dan menyusun sistem rekomendasi intervensi berbasis data yang menggunakan data akademik historis mahasiswa.
2. Penelitian ini menguatkan literatur di bidang penerapan machine learning dalam sektor pendidikan, khususnya prediksi performa akademik mahasiswa.
3. Penelitian ini mengintegrasikan antara teori kelulusan mahasiswa dengan pendekatan berbasis data, yang memperkaya kerangka konseptual penelitian pendidikan berbasis teknologi.
4. Penelitian ini menambah referensi studi tentang sistem rekomendasi akademik personalisasi untuk kebutuhan pengambilan keputusan institusi.
5. Penelitian ini menyediakan alat bantu berbasis data bagi pimpinan fakultas, dosen wali, atau bagian akademik untuk melakukan intervensi dini terhadap mahasiswa yang berisiko lulus tidak tepat waktu.
6. Penelitian ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat, objektif, dan terarah dalam upaya peningkatan kelulusan tepat waktu.

5.2. Saran

1. Penelitian ini diharapkan berkelanjutan memperluas variabel prediktor dengan mencakup aspek non-akademik seperti tingkat stres, motivasi belajar, kondisi ekonomi, atau aktivitas sosial mahasiswa. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi prediksi dan kedalaman rekomendasi yang diberikan.
2. Model yang dikembangkan perlu diuji di institusi pendidikan lain dengan karakteristik mahasiswa yang berbeda, untuk mengukur generalisasi dan fleksibilitas model.
3. Untuk penelitian mendatang, disarankan mengeksplorasi algoritma deep learning seperti Long Short-Term Memory (LSTM) yang mampu menangani data

sekuensial, sehingga pola perkembangan akademik mahasiswa dari semester ke semester bisa dianalisis lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. G. A. P. & P. O. A. Andrianof, "Implementasi Algoritma Random Forest untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa Berdasarkan Data Akademik: Studi Kasus di Perguruan Tinggi Indonesia," *Jurnal Sains Informatika Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 24-28, 2025.
- [2] F. R. Y. Fadya, "Model Klasifikasi Untuk Menentukan Kesiapan Kerja Mahasiswa Dan Kelulusan Tepat Waktu Dengan Metode Machine Learning," *IJITECH: Indonesian Journal of Information Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 1-12, 2023.
- [3] A. A. M. N. N. F. L. H. H. & Z. Z. Misbullah, "Sistem Reko Pemilihan Program Studi Berbasis Hybrid Menggunakan Pendekatan Deep Learning," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 1, pp. 75-87, 2025.
- [4] C. V. & A. Y. Khoirunnisa, "Implementasi Algoritma Mechine Learning Untuk Rekomendasi Program Studi Bagi Siswa SMA," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8, no. 5, pp. 10102-10108, 2024.
- [5] D. & H. H. Laras, "Analisis Kinerja Sistem Rekomendasi Film Berbasis Deep Learning Menggunakan Model Neural Network Pada Dataset Movielens," *Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian*, vol. 4, no. 1, pp. 1047-1054, 2025.
- [6] A. R. A. R. R. & P. A. T. M. Pratama, "Model Klasifikasi Calon Mahasiswa Baru Untuk Sistem Rekomendasi Program Studi Sarjana Berbasis Machine Learning," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 4, pp. 725-734, 2022.
- [7] M. Ridwan, "Sistem Rekomendasi Proses Kelulusan Mahasiswaberbasis Algoritma Klasifikasi C4. 5," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 105-111, 2017.
- [8] R. Y. D. & S. D. Rismaya, "Penerapan Algoritma Machine Learning dalam Prediksi Prestasi Akademik Mahasiswa," *Jurnal Teknik Informatika Dan Terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 15-23, 2025.
- [9] R. S. S. & Z. S. Syahranita, "Regresi Logistik Multinomial untuk Prediksi Kategori Kelulusan Mahasiswa," *Jurnal Informatika Sunan Kalijaga*, vol. 8, no. 2, pp. 102-111, 2023.
- [10] M. R. P. P. A. & R. I. Qisthiano, "Penerapan Algoritma Decision Tree Dalam Klasifikasi Data Prediksi Kelulusan Mahasiswa," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 21-28, 2023.
- [11] A. Y. I. A. A. & M. M. Darmawan, "Pola Prediksi Kelulusan Siswa Madrasah Aliyah Swasta dengan Support Vector Machine dan Random Forest," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 387-400, 2023.

- [12] E. J. & B. S. Sudarman, "Pengembangan Model Kecerdasan Mesin Extreme Gradient Boosting Untuk Prediksi Keberhasilan Studi Mahasiswa," *Jurnal Strategi-Jurnal Maranatha*, vol. 5, no. 2, pp. 297-314, 2023.
- [13] A. & M. H. Fatunnisa, "Prediksi Kelulusan Tepat Waktu Siswa SMK Teknik Komputer Menggunakan Algoritma Random Forest," *Jurnal Manajemen Informatika*, vol. 14, no. 1, pp. 101-111, 2024.