

# Optimalisasi Klasifikasi Performa Akademik Mahasiswa dengan Pendekatan Metaheuristik Berbasis Educational Data Mining

<sup>1\*</sup>M. Habibullah Arief, <sup>2</sup>Muhammad Andryan Wahyu Saputra, <sup>3</sup>Khoirunnisa` Afandi, <sup>4</sup>Damar Novtahaning, <sup>5</sup>Narandha Arya Ranggianto  
<sup>1,2,3,4,5</sup> Universitas Jember  
Jember, Indonesia

<sup>1\*</sup>[m.habibullaharief@unej.ac.id](mailto:m.habibullaharief@unej.ac.id), <sup>2</sup>[andryan@unej.ac.id](mailto:andryan@unej.ac.id), <sup>3</sup>[oni.pssi@unej.ac.id](mailto:oni.pssi@unej.ac.id),  
<sup>4</sup>[damarNovtahaning@mail.unej.ac.id](mailto:damarNovtahaning@mail.unej.ac.id), <sup>5</sup>[ranggi@unej.ac.id](mailto:ranggi@unej.ac.id)

\*Penulis Korespondensi

Diajukan : 04/08/2025

Diterima : 08/08/2025

Dipublikasi : 08/08/2025

## ABSTRAK

Peningkatan kualitas pendidikan tinggi merupakan prioritas strategis untuk menghasilkan lulusan yang kompeten dan adaptif terhadap tantangan zaman. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi menegaskan pentingnya mutu penyelenggaraan pendidikan dan kompetensi lulusan. Salah satu indikator kunci mutu tersebut adalah performa akademik mahasiswa, yang kini dapat diprediksi secara lebih akurat melalui pendekatan *Educational Data Mining* (EDM). Penelitian ini membandingkan efektivitas dari dua algoritma metaheuristik, yaitu *Genetic Algorithm* (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam proses seleksi fitur untuk meningkatkan akurasi klasifikasi performa akademik mahasiswa berdasarkan data akademik Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember. Dataset terdiri atas 203 mahasiswa dari tahun ajaran 2022/2023 dan 2023/2024. Hasil menunjukkan bahwa algoritma GA menghasilkan akurasi pengujian sebesar 0,9508, sementara algoritma PSO mencapai 0,9912. GA unggul dalam eksplorasi kombinasi fitur yang kompleks, sedangkan PSO menunjukkan efisiensi komputasi yang lebih tinggi. Fitur-fitur penting seperti SKS, pekerjaan orang tua, penggunaan *smartphone*, dan dukungan keluarga teridentifikasi sebagai prediktor utama. Kedua pendekatan terbukti efektif dalam meningkatkan performa model prediksi sekaligus mengurangi kompleksitas data. Temuan ini menunjukkan potensi besar algoritma metaheuristik sebagai teknologi pendukung dalam sistem akademik modern untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data, meningkatkan efisiensi intervensi akademik, dan menunjang perencanaan pendidikan tinggi yang lebih adaptif dan presisi.

**Kata Kunci:** Algoritma Genetika, Algoritma Metaheuristik, Educational Data Mining (EDM), Performa Akademik, Particle Swarm Optimization (PSO)

## I. PENDAHULUAN

Meningkatkan kualitas pendidikan tinggi menjadi salah satu prioritas utama bagi institusi akademik di seluruh dunia. Indonesia melalui undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi juga menekankan pentingnya peningkatan mutu penyelenggaraan pendidikan tinggi dan kompetensi lulusan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi, 2012). Salah satu indikator penting dari kualitas tersebut adalah performa akademik mahasiswa (Alshareef et al., 2020; Gamazo & Martínez-Abad, 2020), yang dapat mencerminkan efektivitas proses pembelajaran dan sistem pendukung akademik (Gamazo & Martínez-Abad, 2020). Dengan kemajuan teknologi, pendekatan berbasis Educational Data Mining (EDM) telah menjadi solusi inovatif untuk menganalisis data akademik secara mendalam (Alhakami

et al., 2020; Alshareef et al., 2020; Baek & Doleck, 2022; Gamazo & Martínez-Abad, 2020; Ozyurt et al., 2023). EDM memungkinkan institusi untuk mengidentifikasi pola, memprediksi performa mahasiswa, dan memberikan intervensi yang tepat sasaran. Sebagaimana ditekankan oleh UNESCO tentang pentingnya teknologi dalam pendidikan tinggi (UNESCO, 2019). Penggunaan teknologi yang dimaksud adalah Artificial Intelligence (AI) in Education dan metode optimasi berbasis algoritma metaheuristik menjadi sangat relevan. Metode ini tidak hanya meningkatkan akurasi dalam klasifikasi performa akademik mahasiswa (Afandi et al., 2024; Agrawal et al., 2021; Alhassan et al., 2020; Ozyurt et al., 2023; Yağcı, 2022; Afandi et al., 2024), tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti dalam meningkatkan kualitas pendidikan secara keseluruhan (Lazić et al., 2021; Rezk et al., 2024).

Metaheuristik adalah metode optimasi yang dirancang untuk mencari solusi terbaik dalam masalah yang rumit dan melibatkan banyak variabel. Dalam bidang akademik, pendekatan tersebut telah digunakan untuk memilih fitur penting dan mengelompokkan data akademik mahasiswa. Kamal et al., (2022) menunjukkan bahwa metode metaheuristik dapat meningkatkan akurasi prediksi performa mahasiswa dengan mengidentifikasi fitur-fitur yang paling relevan. Farissi et al., (2023) menekankan pentingnya seleksi fitur yang optimal dalam meningkatkan akurasi klasifikasi. Dengan menggunakan algoritma metaheuristik, penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi subset fitur yang signifikan, sehingga meningkatkan kinerja model klasifikasi.

Integrasi antara metaheuristik dan algoritma pembelajaran mesin telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi prediksi. Shekhar et al., (2020) menggabungkan decision tree dengan optimasi metaheuristik untuk memprediksi performa mahasiswa. Pendekatan ini memungkinkan model untuk menangkap pola kompleks dalam data akademik, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi. Rohani et al., (2020) mengusulkan algoritma hibrida yang menggabungkan simulated annealing dan algoritma genetika untuk prediksi performa akademik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan hibrida ini mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional.

Meskipun penggunaan metaheuristik dalam klasifikasi performa akademik mahasiswa menunjukkan hasil yang menjanjikan, ada beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah menentukan parameter yang tepat untuk algoritma metaheuristik, karena hal ini dapat mempengaruhi kinerja model secara signifikan. Penggunaan algoritma metaheuristik dalam klasifikasi performa akademik mahasiswa menawarkan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan akurasi prediksi. Dengan kemampuannya dalam mengoptimalkan pemilihan fitur dan berkolaborasi dengan algoritma pembelajaran mesin, metaheuristik dapat membantu institusi pendidikan mengidentifikasi mahasiswa yang membutuhkan dukungan lebih awal, sekaligus merancang strategi pembelajaran yang lebih personal dan tepat sasaran.

## II. STUDI LITERATUR

Untuk memperkuat landasan konseptual dan metodologis dalam penelitian ini, peneliti menelaah beberapa studi terdahulu yang relevan, khususnya yang dilakukan dalam lima tahun terakhir dan berkaitan dengan penerapan algoritma metaheuristik dalam peningkatan akurasi prediksi performa akademik mahasiswa. Kamal et al., (2022) melakukan penelitian mengenai seleksi fitur untuk prediksi performa akademik mahasiswa menggunakan pendekatan metaheuristik, khususnya *Genetic Algorithm* (GA). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan GA secara signifikan mampu meningkatkan akurasi model prediktif dibandingkan dengan metode konvensional, karena kemampuannya dalam mengidentifikasi fitur-fitur paling relevan yang memengaruhi hasil akademik mahasiswa.

Farissi et al., (2023) dalam artikelnya meneliti pengaruh seleksi fitur optimal terhadap akurasi klasifikasi menggunakan berbagai algoritma optimasi, termasuk *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil dari penelitian mereka menegaskan bahwa pemilihan fitur yang tepat dapat meningkatkan akurasi model prediksi, serta mengurangi waktu komputasi dan kompleksitas model secara keseluruhan. Penelitian Shekhar et al., (2020) telah menggabungkan dua pendekatan algoritma, yaitu *decision tree* dengan pendekatan optimasi metaheuristik untuk membangun model prediksi performa akademik. Integrasi ini terbukti efektif dalam menangkap pola-pola kompleks

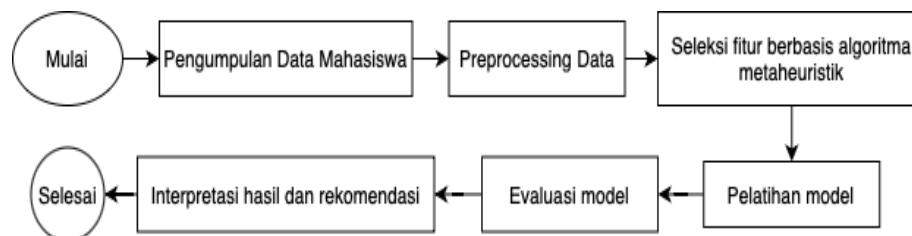
pada data mahasiswa, menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan model yang hanya menggunakan pendekatan pembelajaran mesin konvensional.

Ketiga penelitian tersebut menjadi dasar yang kuat bagi penelitian ini dalam mengadopsi pendekatan metaheuristik untuk seleksi fitur. Penelitian ini juga memberikan kontribusi baru dengan membandingkan dua algoritma populer, yaitu pendekatan GA dan PSO dalam konteks pendidikan tinggi di Indonesia, khususnya dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data di lingkungan akademik.

*Educational Data Mining* (EDM) memiliki peran krusial dalam menganalisis data mahasiswa untuk meningkatkan performa akademik (Alshareef et al., 2020; Alturki et al., 2022). *Feature selection* menjadi elemen penting dalam meningkatkan akurasi prediksi di dalam EDM (Roy & Farid, 2024; Sockhey & Okazaki, 2020). *Genetic Algorithm* (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan metode yang umum digunakan dalam proses feature selection (Vaidehi, 2025). Teknik-teknik ini telah diterapkan dalam berbagai tugas EDM, termasuk prediksi performa mahasiswa, deteksi perilaku tidak diinginkan, dan student modeling (Alshareef et al., 2020). Studi-studi menunjukkan bahwa integrasi PSO dan GA dengan classifier seperti CNN secara signifikan dapat meningkatkan akurasi prediksi (Vaidehi, 2025; Begum & Padmannavar, 2022). Analisis komparatif terhadap algoritma feature selection menekankan pentingnya metode ini dalam meningkatkan performa klasifikasi dan mengurangi kompleksitas dataset (Roy & Farid, 2024; Triayudi & Fitri, 2021). Secara keseluruhan, penerapan teknik optimasi dan klasifikasi yang canggih dalam EDM berkontribusi terhadap pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam konteks pendidikan (B. Vaidehi, 2025).

### III. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi performa akademik mahasiswa program studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer dengan menerapkan algoritma metaheuristik *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Genetic Algorithm* (GA) untuk seleksi fitur. Metode yang dirancang mencakup beberapa tahap utama, yaitu pengumpulan data, pemilihan fitur, pelatihan model, evaluasi, dan analisis hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

#### Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data akademik mahasiswa Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember tahun ajaran 2022/2023 dan 2023/2024 dengan total 203 mahasiswa. Data mencakup berbagai informasi akademik, seperti: Indeks Prestasi Kumulatif (IPK), jumlah SKS, pendidikan orangtua, waktu belajar, alamat, jenis kelamin, jumlah keluarga, asal sekolah, pengguna wifi, aktif organisasi, memiliki *smartphone*, lama waktu keluar, penggunaan *smartphone* dan dukungan keluarga.

#### Pra-Pemrosesan Data

Tahap ini bertujuan untuk memastikan data siap digunakan untuk analisis. Langkah-langkah dalam pra-pemrosesan data meliputi pembersihan data yakni menghapus nilai duplikat dan memperbaiki data yang tidak konsisten, normalisasi dengan melakukan normalisasi data numerik ke rentang  $[0, 1]$  untuk mencegah dominasi fitur tertentu, pengkodean data kategorikal dengan menggunakan *one-hot encoding* atau *label encoding* untuk data kategorikal dan pemisahan data

dengan membagi dataset menjadi data latih (70%) dan data uji (30%) menggunakan metode *stratified sampling* agar distribusi kelas tetap terjaga.

### Seleksi Fitur Berbasis Algoritma Metaheuristik

*Particle Swarm Optimization* (PSO) digunakan untuk memilih subset fitur yang relevan berdasarkan nilai akurasi model klasifikasi. Proses PSO meliputi representasi partikel di mana setiap elemen bernilai 1 (fitur dipilih) atau 0 (fitur tidak dipilih). Subset fitur terbaik yang dihasilkan oleh partikel dengan fungsi objektif terendah. Sementara itu Genetic Algorithm digunakan untuk mengeksplorasi kombinasi fitur yang optimal.

### Pelatihan Model dan Evaluasi Model

Setelah proses seleksi fitur selesai, langkah berikutnya adalah melatih model prediksi menggunakan fitur-fitur terpilih. Model dievaluasi menggunakan data uji yang telah dipisahkan sebelumnya. Untuk menilai kinerja model, digunakan metrik evaluasi seperti Akurasi, F1-score, dan AUC-ROC.

### Interpretasi Hasil dan Rekomendasi

Setelah model dilatih dan diuji, hasil seleksi dianalisis secara mendalam. Analisis ini mencakup interpretasi hasil dengan mengidentifikasi fitur mana yang paling baik untuk digunakan sebagai parameter prediksi performa akademik mahasiswa. Proses ini juga mencakup identifikasi fitur utama, yaitu fitur-fitur yang paling berpengaruh terhadap performa akademik mahasiswa berdasarkan nilai penting yang dihasilkan oleh model. Berdasarkan analisis tersebut, rekomendasi kebijakan disusun untuk meningkatkan performa akademik mahasiswa sehingga didapatkan hasil prediksi yang akurat.

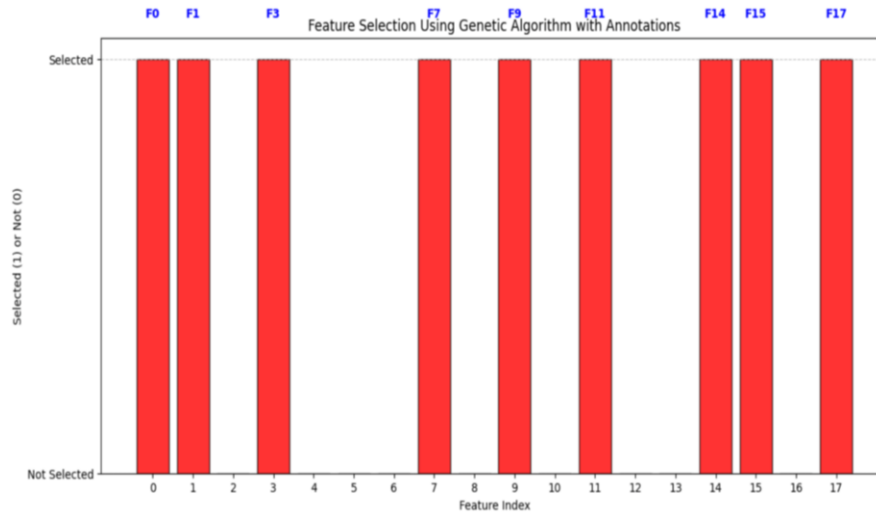
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan kemudian diolah untuk melihat fitur mana yang paling baik digunakan untuk prediksi. Seleksi fitur dilakukan dengan menggunakan 2 algoritma, yakni *Genetic Algorithm* (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil dari seleksi dengan menggunakan 2 algoritma adalah sebagai berikut:

### *Genetic Algorithm* (GA)

*Genetic Algorithm* (GA) diterapkan untuk memilih fitur-fitur terbaik yang mendukung akurasi model prediksi. Proses seleksi fitur ini dilakukan dengan menggunakan mekanisme evolusi, seperti seleksi, *crossover*, dan mutasi, untuk menemukan kombinasi fitur yang paling optimal. Hasil akhirnya menunjukkan bahwa fitur-fitur yang terpilih menghasilkan model dengan akurasi pelatihan sebesar **1.0** dan akurasi pengujian sebesar **0.9508**. Angka akurasi pelatihan yang sempurna menunjukkan bahwa model dapat mengenali pola dengan sangat baik pada data latih. Sementara itu, akurasi pengujian yang sedikit lebih rendah, tetapi masih sangat tinggi, mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik pada data baru yang tidak pernah dilihat sebelumnya.

Keunggulan utama GA dalam pemilihan fitur adalah kemampuannya untuk mengeksplorasi ruang solusi yang luas secara efisien. Dengan pendekatan berbasis populasi, GA mampu mengidentifikasi kombinasi fitur yang optimal bahkan ketika ruang pencarian besar dan kompleks. Namun, seperti metode berbasis evolusi lainnya, GA membutuhkan lebih banyak waktu komputasi dibandingkan algoritme seperti PSO, karena setiap iterasi melibatkan evaluasi banyak individu dalam populasi. Secara keseluruhan, penggunaan GA dalam seleksi fitur sangat bermanfaat untuk meningkatkan performa model prediksi, terutama pada dataset dengan banyak fitur yang saling berkorelasi atau mengandung informasi yang berlebih (*redundant*). Hal ini menjadikan GA sebagai salah satu metode yang efektif untuk memastikan model bekerja secara efisien dengan tingkat akurasi yang tinggi.



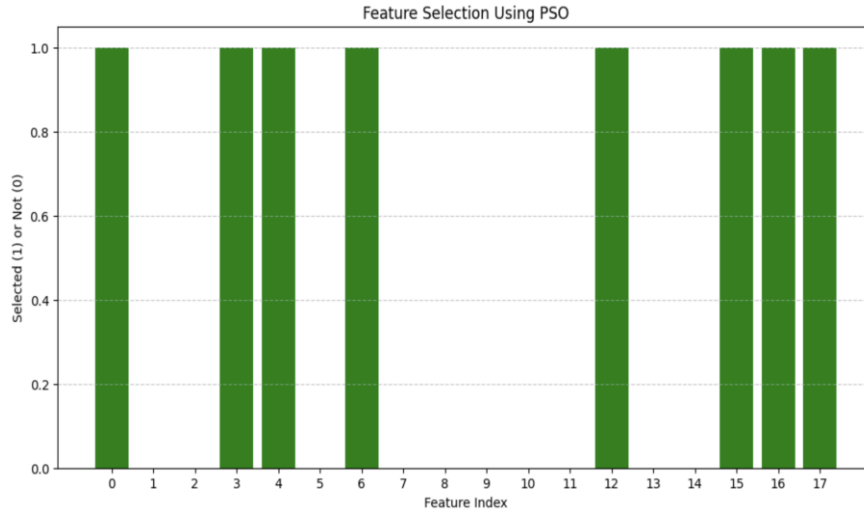
Gambar 2. Hasil seleksi fitur menggunakan *Genetic Algorithm*

Gambar 2 menampilkan hasil seleksi fitur oleh GA, di mana setiap batang vertikal mewakili fitur dengan indeks tertentu. Batang berwarna merah dan bernilai 1 menunjukkan bahwa fitur tersebut dianggap relevan dan dipilih oleh algoritma GA. Fitur yang tidak muncul (bernilai 0) tidak digunakan dalam model karena dianggap tidak signifikan. Fitur yang terpilih adalah F0 (SKS), F1 (IPK), F3 (Pekerjaan Ayah), F7 (Alamat), F9 (Jumlah Keluarga), F11 (WiFi), F14 (Waktu Keluar), F15 (Penggunaan Smartphone), dan F17 (Kategori Class).

#### *Particle Swarm Optimization (PSO)*

PSO digunakan sebagai pendekatan alternatif untuk memilih fitur yang paling relevan dalam membangun model prediksi. Setelah fitur-fitur tertentu dipilih menggunakan PSO, akurasi model yang dihasilkan mencapai **0.9912**. Meskipun angka ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan hasil dari *Genetic Algorithm* (GA), metode PSO tetap memberikan kinerja yang sangat kompetitif. Keunggulan utama PSO terletak pada kecepatannya dalam mencari solusi, karena pendekatan ini memungkinkan setiap partikel untuk belajar dari pengalaman terbaiknya sendiri dan pengalaman terbaik kawanan (*global best*). Hal ini membuat PSO lebih efisien dalam situasi di mana waktu eksekusi menjadi prioritas. Namun, kelemahannya adalah risiko terjebak pada solusi lokal, terutama jika ruang pencarian memiliki banyak puncak lokal yang dapat menghalangi pencapaian solusi optimal global.

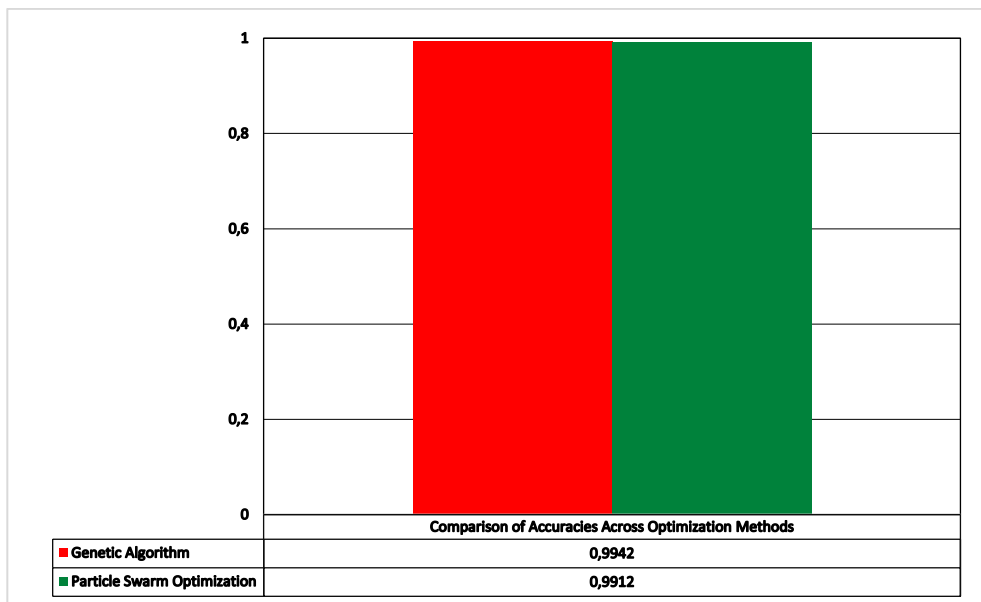
Dalam konteks seleksi fitur PSO efektif dalam mengurangi dimensi data dengan cepat, sehingga mempercepat waktu pelatihan model tanpa mengorbankan akurasi secara signifikan. Hal ini menjadikan PSO pilihan yang baik untuk kasus-kasus dengan data berukuran besar atau ketika sumber daya komputasi terbatas. Hasil seleksi fitur menggunakan PSO adalah F0 (SKS), F3 (Pekerjaan Ayah), F4 (Pekerjaan Ibu), F5 (Lama Belajar), F6 (Aktif Organisasi), F12 (Penggunaan *Smartphone*), F15 (Dukungan Keluarga), F16 (Dukungan Keluarga), F17 (Kategori Class) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Diagram batang pada Gambar secara fungsional sama dengan Gambar 2, tetapi menggunakan warna hijau untuk menandai bahwa metode yang digunakan adalah PSO.



Gambar 3. Hasil seleksi fitur menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO)

**Evaluasi Hasil**

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memiliki akurasi pelatihan dan pengujian yang tinggi, mencerminkan performa yang sangat baik dalam mengenali pola pada data latih dan memprediksi data yang belum pernah dilihat sebelumnya. GA memiliki akurasi 0,9942 sedangkan PSO 0,9912, isualisasi perbandingan akurasi dapat dilihat pada Gambar 4. Selisih kecil antara akurasi pelatihan (yang sangat tinggi) dan akurasi pengujian dapat menjadi indikator awal adanya potensi *overfitting*, terutama pada model yang dihasilkan oleh *Genetic Algorithm* (GA). Hal ini terjadi karena GA dalam upayanya mencari kombinasi fitur terbaik, cenderung mengoptimalkan akurasi model pada data latih. Proses ini jika tidak diawasi dapat menyebabkan model terlalu fokus pada pola-pola tertentu dalam data latih sehingga kehilangan kemampuan untuk menggeneralisasi pada data baru. Meskipun hal demikian terjadi, toleransi bawaan *Random Forest* terhadap *overfitting* tetap membantu menjaga akurasi pengujian tetap tinggi, sehingga risiko ini masih dapat dikelola dengan baik.



Gambar 4. Perbandingan Akurasi GA dan PSO

Rincian perbandingan kinerja model antara metode GA dan PSO, termasuk akurasi pelatihan, akurasi pengujian, waktu komputasi, serta kelebihan dan kekurangannya, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Seleksi Fitur GA dan PSO

Parameter	<i>Genetic Algorithm (GA)</i>	<i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>
Akurasi Pelatihan	1.0	1.0
Akurasi Pengujian	0.9508	0.9912
Waktu Komputasi	Lebih lama	Lebih cepat
Keunggulan	Eksplorasi ruang solusi optimal	Efisiensi waktu komputasi
Kelemahan	Potensi overfitting	Risiko terjebak solusi lokal

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan algoritma metaheuristik baik GA maupun PSO dapat meningkatkan akurasi model prediksi kinerja akademik mahasiswa secara signifikan. Meskipun kedua algoritma mencapai akurasi pelatihan sempurna (1,0), terdapat perbedaan yang signifikan dalam akurasi pengujian dan efisiensi waktu eksekusi. GA mencatat akurasi pengujian sebesar 0,9508, sementara PSO unggul dengan akurasi sebesar 0,9912. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun GA lebih unggul dalam mengeksplorasi kombinasi fitur secara komprehensif, PSO lebih adaptif dalam meminimalkan *overfitting* dan mencapai generalisasi yang lebih baik pada data uji.

Dalam hal waktu komputasi PSO jauh lebih efisien dibandingkan GA. Hal ini membuatnya lebih cocok untuk diaplikasikan dalam sistem akademik yang membutuhkan proses prediksi cepat, terutama dalam pemrosesan data skala besar atau dengan sumber daya terbatas. Keunggulan GA terletak pada kemampuannya untuk menavigasi ruang solusi yang kompleks, sehingga efektif ketika dimensi data sangat tinggi dan hubungan fitur bersifat non-linier. Fitur-fitur terpilih seperti jumlah SKS, pekerjaan orang tua, penggunaan *smartphone*, dan dukungan keluarga secara konsisten muncul di kedua metode. Hal ini menegaskan bahwa faktor akademik dan sosial-emosional siswa memainkan peran penting dalam memengaruhi kinerja akademik.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Farissi et al., 2023; Kamal et al., 2022; Rohani et al., 2020; Shekhar et al., 2020), hasil ini konsisten dengan temuan bahwa pemilihan fitur berbasis metaheuristik dapat meningkatkan kinerja model prediktif. Hasil PSO dalam penelitian ini menunjukkan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa pendekatan hibrida yang dilaporkan sebelumnya. Penelitian ini memperkuat bukti bahwa integrasi EDM dan metode optimasi berbasis AI dapat memberikan solusi strategis untuk pengambilan keputusan akademik. Dengan mengidentifikasi fitur-fitur utama secara efisien, lembaga pendidikan dapat mengembangkan kebijakan berbasis data yang lebih terarah untuk meningkatkan kinerja siswa dan kualitas pendidikan tinggi secara keseluruhan.

## V. KESIMPULAN

Metode *Genetic Algorithm (GA)* dan *Particle Swarm Optimization (PSO)* berhasil meningkatkan akurasi model prediksi performa akademik mahasiswa melalui seleksi fitur yang efektif. GA menghasilkan akurasi pelatihan sempurna (1.0) dan akurasi pengujian tinggi (0.9508), mencerminkan kemampuan eksplorasi ruang solusi yang optimal, meskipun membutuhkan waktu komputasi lebih lama dan berpotensi *overfitting*. PSO memberikan akurasi yang kompetitif (0.9912) dengan keunggulan efisiensi waktu komputasi, meskipun berisiko terjebak pada solusi lokal. Kedua metode ini memilih fitur penting seperti SKS, pekerjaan orang tua, dan penggunaan *smartphone*, yang secara signifikan meningkatkan akurasi model sekaligus mengurangi kompleksitas komputasi, mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam bidang pendidikan.

## VII. REFERENSI

- Afandi, K., Arief, M. H., & Fadhil, M. K. (2024). Educational Data Mining for Student Academic Performance Analysis. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan (J-TIT)*, 11(2), 83–90. <https://doi.org/10.25047/jtit.v11i2.5627>
- Afandi, K., Arief, M. H., Faizatul Laily, N., & Maulana Nugroho, D. (2024). Analisis Performa Akademik Mahasiswa Menggunakan Social Network Analysis (Studi Kasus: Prodi Bisnis

- Digital Universitas dr. Soebandi). *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, 5(2), 64–69. <https://doi.org/10.37802/joti.v5i2.514>
- Agrawal, P., Abutarboush, H. F., Ganesh, T., & Mohamed, A. W. (2021). Metaheuristic algorithms on feature selection: A survey of one decade of research (2009-2019). *IEEE Access*, 9, 26766–26791. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056407>
- Alhakami, H., Alsubait, T., & Aljarallah, A. (2020). Data mining for student advising. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(3), 526–532. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110367>
- Alhassan, A., Zafar, B., & Mueen, A. (2020). Predict students' academic performance based on their assessment grades and online activity data. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 185–194. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110425>
- Alshareef, F., Alhakami, H., Alsubait, T., & Baz, A. (2020). Educational data mining applications and techniques. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 729–734. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110494>
- Alturki, S., Hulpuş, I., & Stuckenschmidt, H. (2022). Predicting Academic Outcomes: A Survey from 2007 Till 2018. In *Technology, Knowledge and Learning* (Vol. 27, Issue 1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09476-0>
- B. Vaidehi. (2025). Swarm Optimized S-AAF: Enhancing Student Academic Performance Prediction with Swarm-Optimized Adaptive Binary Classifier. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(46s), 164–177. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i46s.8796>
- Baek, C., & Doleck, T. (2022). Educational Data Mining: A Bibliometric Analysis of an Emerging Field. *IEEE Access*, 10, 31289–31296. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3160457>
- Begum, S., & Padmannavar, S. S. (2022). Student performance prediction with BPSO feature selection and CNN classifier. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 9(11), 84–92. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2022.11.010>
- Farissi, A., Dahlan, H. M., Shah, Z. A., & Samsuryadi. (2023). High Accuracy Feature Selection Using Metaheuristic Algorithm for Classification of Student Academic Performance Prediction. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 179, 399–409. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36258-3\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36258-3_35)
- Gamazo, A., & Martínez-Abad, F. (2020). An Exploration of Factors Linked to Academic Performance in PISA 2018 Through Data Mining Techniques. *Frontiers in Psychology*, 11(November), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.575167>
- Kamal, M., Chakrabarti, S., Ramirez-Asis, E., Asis-Lopez, M., Allauca-Castillo, W., Kumar, T., Sanchez, D. T., & Rahmani, A. W. (2022). Metaheuristics Method for Classification and Prediction of Student Performance Using Machine Learning Predictors. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2022/2581951>
- Lazić, Z., Đorđević, A., & Gazizulina, A. (2021). Improvement of quality of higher education institutions as a basis for improvement of quality of life. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/su13084149>
- Ozyurt, O., Ozyurt, H., & Mishra, D. (2023). Uncovering the Educational Data Mining Landscape and Future Perspective: A Comprehensive Analysis. *IEEE Access*, 11(November), 120192–120208. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3327624>
- Rezk, H., Olabi, A. G., Mahmoud, M., Wilberforce, T., & Sayed, E. T. (2024). Metaheuristics and multi-criteria decision-making for renewable energy systems: Review, progress, bibliometric analysis, and contribution to the sustainable development pillars. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(8), 102883. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102883>

- Rohani, Y., Torabi, Z., & Kianian, S. (2020). A Novel Hybrid Genetic Algorithm to Predict Students' Academic Performance. *Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations*, 8(2), 219–232. <https://doi.org/10.22061/JECEI.2020.7230.373>
- Roy, K., & Farid, D. M. (2024). An Adaptive Feature Selection Algorithm for Student Performance Prediction. *IEEE Access*, 12, 75577–75598. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3406252>
- Shekhar, S., Kartikey, K., & Arya, A. (2020). Integrating Decision Trees with Metaheuristic Search Optimization Algorithm for a Student's Performance Prediction. *2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, SSCI 2020*, 655–661. <https://doi.org/10.1109/SSCI47803.2020.9308241>
- Sokkhey, P., & Okazaki, T. (2020). Study on dominant factor for academic performance prediction using feature selection methods. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(8), 492–502. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110862>
- Triayudi, A., & Fitri, I. (2021). Comparison Of The Feature Selection Algorithm In Educational Data Mining. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(6), 1865–1871. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v19i6.21594>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi, Pub. L. No. Nomor 12 Tahun 2012, Undang-Undang 97 (2012). <https://diktis.kemenag.go.id/prodi/dokumen/UU-Nomor-12-Tahun-2012-ttg-Pendidikan-Tinggi.pdf>
- UNESCO. (2019). Challenges and Opportunities for Sustainable Development Education Sector. *UNESCO Working Papers on Education Policy, No. 7. Francesc Pedró (Ed.)*, 1–48. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>
- Yağcı, M. (2022). Educational data mining: prediction of students' academic performance using machine learning algorithms. *Smart Learning Environments*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00192-z>