



Hybrid Intelligent System Berbasis Decision Tree, Fuzzy Logic, dan PSO untuk UMKM

Sukirno Kasau^{*1}, Syamsul Bhahri Iskandar H², Nur Islamuddin³

Universitas Tamalatea Makassar¹, STMIK Kharisma Makassar², Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Enam Enam Kendari³

s.kasau@utama.ac.id¹, syamsulbahri@kharisma.ac.id², islanur@gmail.com³

Informasi Artikel

Dikirim :06-03-2026

Direview :07-04-2026

Diterbitkan :30-05-2026

Kata Kunci

UMKM, Decision Tree, Fuzzy Inference System, Particle Swarm Optimization, Regresi.

Abstrak

Penelitian ini membandingkan model baseline Decision Tree dengan Hybrid Intelligent System (HIS) yang mengintegrasikan Decision Tree, Fuzzy Inference System (FIS), dan Particle Swarm Optimization (PSO) untuk prediksi numerik berbasis dataset simulasi UMKM. Dataset dibagi menjadi 70% data training dan 30% data testing. Decision Tree digunakan untuk mempelajari hubungan fitur UMKM, yaitu omset, biaya, jumlah pegawai, dan lama usaha, dengan target numerik. Pada HIS, aturan awal diperoleh dari struktur Decision Tree, kemudian dimodelkan dalam FIS dan dioptimasi menggunakan PSO. Hasil pengujian menunjukkan bahwa HIS menurunkan MAE sebesar 18,81% dan RMSE sebesar 29,30%, serta meningkatkan R^2 dari -0,47 menjadi 0,27. Temuan ini menunjukkan bahwa HIS lebih adaptif dalam menangani variasi dan ketidakpastian data UMKM sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

1. PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peran penting dalam aktivitas ekonomi karena menjadi bagian dari ekosistem produksi, perdagangan, dan penyerapan tenaga kerja. Namun, banyak pelaku UMKM masih mengambil keputusan strategis berdasarkan intuisi dan pengalaman subjektif. Keputusan terkait produk unggulan, pengelolaan stok, penyesuaian biaya, dan evaluasi kinerja usaha membutuhkan dukungan data agar hasilnya lebih terukur dan konsisten.

Perkembangan kecerdasan buatan dan machine learning memberi peluang bagi UMKM untuk memanfaatkan sistem pendukung keputusan berbasis data. Machine learning dapat digunakan untuk membaca pola data historis, menghasilkan prediksi, dan memperkuat keputusan praktis pada berbagai domain bisnis (Sarker, 2021). Dalam konteks rekayasa teknologi, pemanfaatan Decision Tree juga telah digunakan pada penelitian Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi untuk membangun klasifikasi berbasis data, misalnya pada sistem pengukur karbon monoksida berbasis IoT (Nur Rohman et al., 2024).

Meskipun demikian, model tunggal seperti Decision Tree memiliki keterbatasan ketika berhadapan dengan variasi data, ketidakpastian, dan batas keputusan yang terlalu tegas. Decision Tree memang mudah diinterpretasi dan relevan untuk sistem yang memerlukan

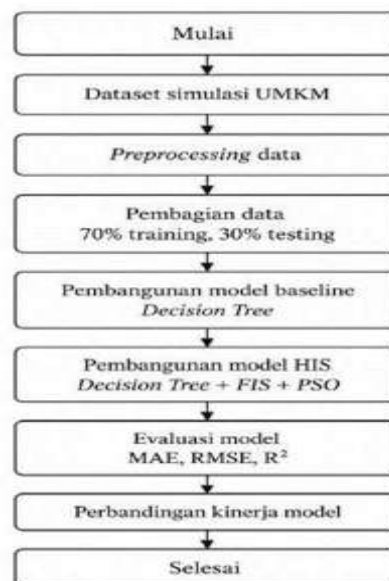
penjelasan model, tetapi pendekatan interpretable tetap perlu dirancang agar dapat menangani kondisi data yang tidak pasti (Barredo Arrieta et al., 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa optimasi berbasis Particle Swarm Optimization (PSO) dapat meningkatkan performa model Decision Tree pada klasifikasi dan prediksi (Pratiwi S Arifin, 2021; Putry et al., 2024; Oktaviani S Abdulloh, 2024).

Hybrid Intelligent System (HIS) menjadi pendekatan yang relevan karena menggabungkan kelebihan beberapa metode. Decision Tree dapat membentuk struktur aturan awal yang mudah dipahami. Fuzzy Inference System (FIS) dapat mengolah kondisi linguistik seperti rendah, sedang, dan tinggi. PSO dapat mengoptimasi parameter agar model lebih adaptif. Integrasi fuzzy decision tree dan model optimasi telah digunakan pada berbagai studi prediksi dan pengambilan keputusan (Mohammadiun et al., 2021; Tundo S U'yun, 2022; Tundo S Mahardika, 2023).

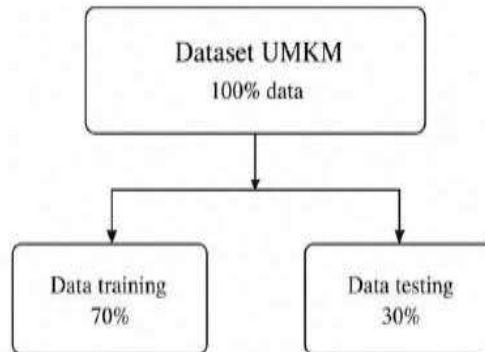
Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini mengusulkan Hybrid Intelligent System berbasis Decision Tree, Fuzzy Logic, dan PSO untuk sistem rekomendasi UMKM. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa Decision Tree sebagai model baseline dengan HIS pada pendekatan regresi berbasis dataset simulasi UMKM. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi aturan Decision Tree, pengolahan ketidakpastian melalui FIS, dan optimasi parameter melalui PSO dalam satu kerangka prediksi numerik untuk mendukung keputusan UMKM.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental berbasis dataset simulasi UMKM. Dataset terdiri dari fitur omset, biaya, jumlah pegawai, lama usaha, dan target numerik. Data dibagi menjadi 70% data training dan 30% data testing. Model yang dibandingkan adalah Decision Tree Regressor sebagai baseline dan Hybrid Intelligent System yang mengintegrasikan Decision Tree, Fuzzy Inference System, dan Particle Swarm Optimization



Gambar 1. Alur Penelitian



Gambar 2. Skema Pembagian Dataset

2.1 Dataset Penelitian

Struktur dataset disusun untuk menggambarkan hubungan antara variabel usaha dan target numerik. Target numerik dapat dipahami sebagai nilai prediksi yang mewakili indikator usaha, seperti laba bersih, skor performa, atau nilai rekomendasi. Struktur kolom dataset disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Struktur Dataset

Nama Kolom	Tipe Data	Peran	Contoh Isi
id_umkm	Kategorik (ID)	Identitas	UMKM_001
omset	Numerik	Fitur (X)	25000000
biaya	Numerik	Fitur (X)	12000000
jumlah_pegawai	Numerik (integer)	Fitur (X)	5
lama_usaha_bulan	Numerik (integer)	Fitur (X)	36
target_label	Kategorik / Numerik	Target (y)	Risiko_Tinggi / 0-1 / skor

Tabel 2. Dataset Utama

id_umkm	omset	biaya	jumlah_pegawai	lama_usaha_bulan	target_numerik
UMKM_001	25.000.000	18.500.000	4	36	6.500.000
UMKM_002	40.000.000	29.000.000	6	60	11.000.000
UMKM_003	15.000.000	11.200.000	3	18	3.800.000
UMKM_004	60.000.000	44.500.000	9	72	15.500.000
UMKM_005	32.000.000	24.800.000	5	48	7.200.000
UMKM_006	22.000.000	17.600.000	4	24	4.400.000
UMKM_007	80.000.000	62.500.000	12	96	17.500.000
UMKM_008	18.000.000	13.900.000	2	12	4.100.000
UMKM_009	55.000.000	41.000.000	8	84	14.000.000
UMKM_010	28.000.000	22.000.000	5	30	6.000.000

Pembagian dataset dilakukan secara terpisah antara data pelatihan dan data pengujian. Pembagian tersebut digunakan agar evaluasi model tidak dilakukan pada data yang sama dengan proses pelatihan. Data training ditampilkan pada Tabel 3, sedangkan data testing ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Data Training

id_umkm	omset	biaya	jumlah_pegawai	lama_usaha_bulan	target_label
UMKM_001	25.000.000	18.500.000	4	36	Sedang
UMKM_002	40.000.000	34.000.000	6	60	Sedang
UMKM_003	15.000.000	13.000.000	3	18	Rendah
UMKM_004	60.000.000	46.000.000	9	72	Tinggi
UMKM_005	32.000.000	29.000.000	5	48	Rendah
UMKM_006	22.000.000	16.000.000	4	24	Sedang
UMKM_007	80.000.000	63.000.000	12	96	Tinggi
UMKM_008	18.000.000	16.500.000	2	12	Rendah
UMKM_009	55.000.000	45.000.000	8	84	Sedang
UMKM_010	28.000.000	25.500.000	5	30	Rendah
UMKM_011	45.000.000	33.000.000	7	66	Tinggi
UMKM_012	20.000.000	14.500.000	3	20	Sedang

Tabel 4. Data Testing

id_umkm	omset	biaya	jumlah_pegawai	lama_usaha_bulan	target_numerik
UMKM_001	25.000.000	18.500.000	4	36	6.500.000
UMKM_002	40.000.000	34.000.000	6	60	6.000.000
UMKM_003	15.000.000	13.000.000	3	18	2.000.000
UMKM_004	60.000.000	46.000.000	9	72	14.000.000
UMKM_005	32.000.000	29.000.000	5	48	3.000.000
UMKM_006	22.000.000	16.000.000	4	24	6.000.000
UMKM_007	80.000.000	63.000.000	12	96	17.000.000
UMKM_008	18.000.000	16.500.000	2	12	1.500.000
UMKM_009	55.000.000	45.000.000	8	84	10.000.000
UMKM_010	28.000.000	25.500.000	5	30	2.500.000
UMKM_011	45.000.000	33.000.000	7	66	12.000.000
UMKM_012	20.000.000	14.500.000	3	20	5.500.000

Tabel 5. Ringkasan Split Dataset

Komponen	Proporsi	Jumlah Data
Training	70%	$n_{\text{train}} = 0,7 \times N$
Testing	30%	$n_{\text{test}} = 0,3 \times N$
Total	100%	N

2.2 Model Baseline Decision Tree

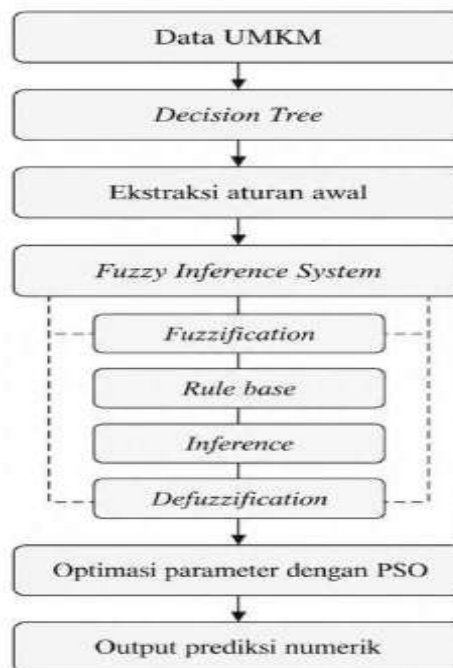
Decision Tree digunakan sebagai model baseline karena model ini sederhana, cepat dilatih, dan mudah diinterpretasi. Pada penelitian ini, Decision Tree mempelajari hubungan

antara fitur UMKM dan target numerik. Untuk pendekatan regresi, pemisahan node diarahkan untuk meminimalkan kesalahan prediksi. Ukuran kesalahan yang umum digunakan adalah Mean Squared Error (MSE).

2.3 Model Hybrid Intelligent System

Model HIS mengintegrasikan tiga komponen utama. Pertama, Decision Tree membentuk pola aturan awal berbasis data. Kedua, Fuzzy Inference System mengubah nilai numerik menjadi derajat keanggotaan linguistik seperti rendah, sedang, dan tinggi. Ketiga, PSO mengoptimasi parameter fungsi keanggotaan atau bobot aturan untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil. PSO relevan untuk optimasi karena mampu mencari kombinasi parameter terbaik melalui mekanisme populasi partikel (Gad, 2022).

Alur kerja model HIS terdiri dari beberapa tahap: (1) menyiapkan dataset UMKM, (2) membagi data menjadi training dan testing, (3) melatih model Decision Tree, (4) mengekstraksi aturan awal dari struktur pohon keputusan, (5) membangun FIS berdasarkan aturan tersebut, (6) mengoptimasi parameter FIS menggunakan PSO, dan (7) mengevaluasi model menggunakan data testing. Pendekatan hybrid seperti ini sejalan dengan penelitian sistem rekomendasi yang menggabungkan fuzzy method dan PSO untuk menyesuaikan preferensi pengguna (Amalia et al., 2025)



Gambar 3. Arsitektur Hybrid Intelligent System

2.4 Evaluasi Model

Kinerja model dievaluasi menggunakan Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan coefficient of determination (R^2). MAE digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan absolut. RMSE memberi penalti lebih besar pada kesalahan prediksi yang tinggi. R^2 menunjukkan kemampuan model menjelaskan variasi target.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan dataset simulasi UMKM dengan fitur omset, biaya, jumlah pegawai, dan lama usaha. Variabel keluaran berupa target_numerik, sehingga pendekatan yang digunakan adalah regresi. Model yang dibandingkan meliputi Decision Tree Regressor sebagai baseline dan HIS yang menggabungkan Decision Tree, FIS, dan PSO.

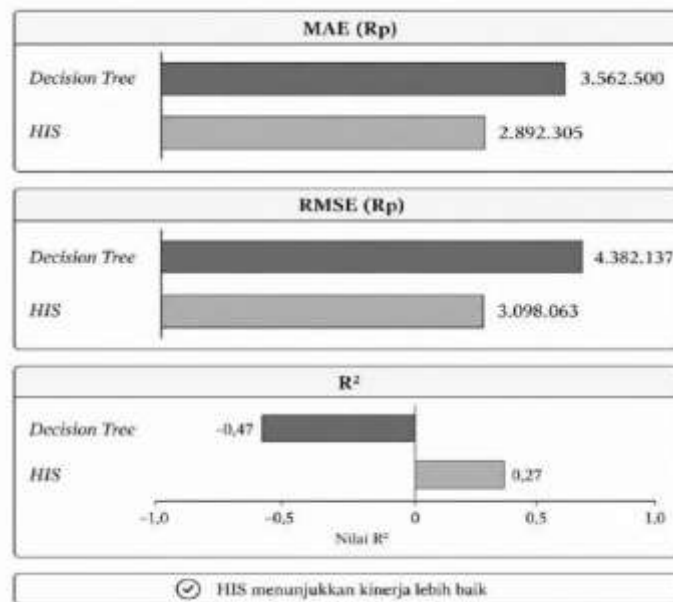
3.2 Hasil Pengujian Model

Hasil pengujian menunjukkan bahwa HIS menghasilkan kesalahan prediksi yang lebih rendah dibandingkan Decision Tree baseline. Ringkasan kinerja model disajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Hasil Pengujian Model

Model	MAE (Rp)	RMSE (Rp)	R ²
Decision Tree (Baseline)	3.562.500	4.382.137	-0,47
HIS (DT + FIS + PSO)	2.892.305	3.098.063	0,27
Perubahan HIS vs Baseline	Turun 18,81%	Turun 29,30%	Naik

Berdasarkan Tabel 6, HIS menurunkan MAE dari Rp3.562.500 menjadi Rp2.892.305. Penurunan ini menunjukkan bahwa prediksi HIS lebih dekat dengan nilai aktual. RMSE juga turun dari Rp4.382.137 menjadi Rp3.098.063. Nilai R² meningkat dari -0,47 menjadi 0,27. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model hybrid lebih mampu mengikuti variasi data uji dibandingkan model baseline.



Gambar 4. Perbandingan Kinerja Decision Tree dan HIS

3.3 Detail Prediksi Data Testing

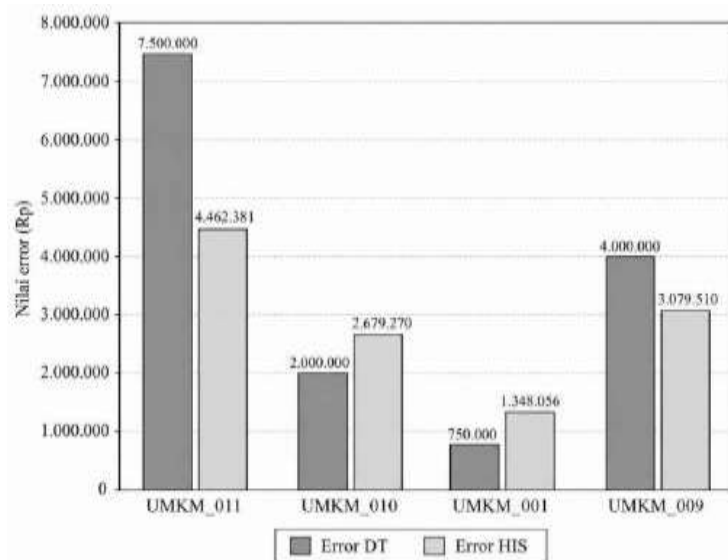
Detail prediksi pada empat data testing disajikan pada Tabel 7. Tabel ini memperlihatkan perbandingan nilai target, prediksi Decision Tree, dan prediksi HIS.

Tabel 7. Detail Prediksi pada Data Testing

id_umkm	Target (Rp)	Prediksi DT (Rp)	Error DT	Prediksi HIS (Rp)	Error HIS
UMKM_011	12.000.000	4.500.000	7.500.000	7.537.619	4.462.381
UMKM_010	2.500.000	4.500.000	2.000.000	5.179.270	2.679.270
UMKM_001	6.500.000	5.750.000	750.000	5.151.944	1.348.056
UMKM_009	10.000.000	14.000.000	4.000.000	13.079.510	3.079.510

Pada UMKM_011, HIS menurunkan error absolut dari Rp7.500.000 menjadi Rp4.462.381. Pada UMKM_009, HIS juga menurunkan error dari Rp4.000.000 menjadi Rp3.079.510.

Meskipun pada beberapa data tertentu error HIS masih lebih tinggi dibandingkan baseline, agregat MAE dan RMSE tetap menunjukkan bahwa HIS lebih stabil secara keseluruhan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa komponen fuzzy dan optimasi PSO membantu model menghadapi variasi data yang tidak sepenuhnya tertangkap oleh struktur pohon keputusan.



Gambar 5. Perbandingan error pada data testing

3.4 Pembahasan

Peningkatan kinerja HIS dapat dijelaskan melalui sifat komplementer dari ketiga metode. Decision Tree memberikan aturan awal yang mudah dipahami. FIS mengubah batas keputusan yang kaku menjadi derajat keanggotaan yang lebih gradual. PSO mengoptimasi parameter agar sistem menyesuaikan pola data pelatihan. Kombinasi ini membuat HIS lebih adaptif ketika data memiliki karakteristik yang tidak linear atau mengandung variasi antar-UMKM.

Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa optimasi dapat meningkatkan kinerja model berbasis pohon keputusan. Pratiwi dan Arifin (2021) menunjukkan peningkatan performa Decision Tree ketika dikombinasikan dengan PSO. Putry et al. (2024) juga melaporkan peningkatan akurasi pada prediksi risiko kredit setelah menggunakan PSO. Pada domain lain, Shahani et al. (2024) menunjukkan bahwa hybrid PSO dengan model berbasis pohon mampu meningkatkan performa prediksi berdasarkan MAE, RMSE, dan R^2 . Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat

argumen bahwa integrasi model interpretable, fuzzy reasoning, dan optimasi parameter dapat digunakan untuk mendukung sistem rekomendasi UMKM berbasis data.

Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan. Dataset yang digunakan bersifat simulasi dan jumlah data masih kecil. Oleh karena itu, hasil penelitian belum dapat digeneralisasi secara langsung pada seluruh kondisi UMKM riil. Penelitian lanjutan perlu menggunakan dataset yang lebih besar, variabel yang lebih beragam, serta validasi yang lebih kuat seperti k-fold cross-validation agar hasil evaluasi lebih stabil.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Hybrid Intelligent System yang mengintegrasikan Decision Tree, Fuzzy Inference System, dan Particle Swarm Optimization memiliki performa lebih baik dibandingkan Decision Tree baseline pada prediksi numerik berbasis dataset simulasi UMKM. Hal ini terlihat dari penurunan nilai MAE sebesar 18,81%, penurunan RMSE sebesar 29,30%, dan peningkatan R^2 dari -0,47 menjadi 0,27.

Keunggulan HIS muncul karena model tidak hanya mengandalkan batas keputusan tegas dari Decision Tree, tetapi juga memanfaatkan FIS untuk menangani ketidakpastian dan PSO untuk mengoptimasi parameter. Dengan demikian, HIS berpotensi digunakan sebagai dasar pengembangan sistem rekomendasi UMKM yang lebih adaptif dan berbasis data. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data UMKM riil, jumlah sampel lebih besar, definisi target numerik yang lebih spesifik, serta pengujian validasi silang agar model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih kuat..

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, W., Asrianda, S Fajriana. (2025). Implementation of a hybrid Fuzzy SAW and Particle Swarm Optimization algorithm for a dynamic laptop recommendation system based on user preferences. *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, 10(2), 1045-1054. <https://doi.org/10.35314/nqkpbg48>
- Barredo Arrieta, A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., García, S., Gil-López, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., S Herrera, F. (2020). Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82-115. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>
- Gad, A. G. (2022). Particle Swarm Optimization algorithm and its applications: A systematic review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(5), 2531-2561. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09694-4>
- Mohammadiun, S., Hu, G., Gharahbagh, A. A., Mirshahi, R., Li, J., Hewage, K., S Sadiq, R. (2021). Optimization of integrated fuzzy decision tree and regression models for selection of oil spill response method in the Arctic. *Knowledge-Based Systems*, 213, 106676. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106676>
- Nur Rohman, M. A., Subianto, R. B., S Adhiwibowo, W. (2024). Pengembangan sistem IoT pengukur CO pada kendaraan: Analisis varian emisi. *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*, 8(1). <https://doi.org/10.26623/jprt.v8i1.8455>
- Oktaviani, I. D., S Abdulloh, F. F. (2024). Comparison PSO and IWPSO performance in optimizing Decision Tree algorithm on heart disease dataset. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 8(1), 375-383. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v9i1.13208>

- Pratiwi, T. W., S Arifin, T. (2021). Optimasi Decision Tree menggunakan Particle Swarm Optimization untuk klasifikasi kesuburan pada pria. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i1.967>
- Putry, J. B. E., Sasongko, A. T., S Hadikristanto, W. (2024). Optimization of Decision Tree using Particle Swarm Optimization for credit risk of KMG Bank DKI. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(4), 1403-1410. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i4.1521>
- Sarker, I. H. (2021). Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN Computer Science*, 2, 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Shahani, N. M., Xiaowei, Q., Wei, X., Jun, L., Aizitiliwumaier, T., Xiaohu, M., Shigui, Q., Weikang, C., S Longhe, L. (2024). Hybrid PSO with tree-based models for predicting uniaxial compressive strength and elastic modulus of rock samples. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1337823. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1337823>
- Tundo, T., S Mahardika, F. (2023). Fuzzy inference system Tsukamoto-Decision Tree C4.5 in predicting the amount of roof tile production in Kebumen. *JTAM (Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika)*, 7(2), 533-544. <https://doi.org/10.31764/jtam.v7i2.13034>
- Tundo, T., S U'yun, S. (2022). Konsep Decision Tree REPTree untuk melakukan optimasi rule dalam Fuzzy Inference System Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(3), 513-522. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022922601>