

Pengembangan Sistem Kepakaran Berbasis *Forward Chaining* untuk Diagnosa Kesulitan Belajar Matematika pada Siswa

Nur Ratnasari^{*1}, Fauzul Irham Mahesa²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Lamappapoleonro
^{1,2}Jl Kesatria No.60 Watansoppeng, Sulawesi Selatan
Email: ¹nur.ratnasari@unipol.ac.id, ²mahesafauzulirham@gmail.com

(Naskah masuk: 20-04-2025, direvisi: 17-05-2025, diterbitkan: 30-05-2025)

Abstrak

Kesulitan belajar matematika merupakan salah satu permasalahan utama yang sering dialami siswa dan berdampak pada capaian akademik secara keseluruhan. Guru sering kali mengalami kendala dalam mendiagnosis secara cepat dan tepat jenis kesulitan belajar yang dialami siswa, sehingga dibutuhkan suatu sistem yang dapat membantu proses identifikasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis forward chaining yang mampu mendiagnosis kesulitan belajar matematika siswa secara sistematis dan akurat. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dengan membandingkan hasil diagnosis guru dan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pakar yang dikembangkan mampu memberikan diagnosis dengan tingkat akurasi yang tinggi, ditunjukkan dengan persentase kesesuaian 90% antara hasil diagnosis guru dan sistem. Grafik dan tabel perbandingan hasil diagnosis memperkuat temuan bahwa sistem ini dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi guru dalam mengidentifikasi jenis kesulitan belajar siswa, seperti kesulitan pemahaman konsep, kesalahan prosedural, maupun keterbatasan logika matematis. Dengan demikian, sistem pakar berbasis *forward chaining* ini berpotensi meningkatkan efisiensi dan ketepatan diagnosis, sekaligus mendukung intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

Kata kunci: Sistem Pakar, *Forward Chaining*, Kesulitan Belajar, Matematika, Diagnosis

Abstract

Difficulties in learning mathematics are one of the main problems often experienced by students and have an impact on overall academic achievement. Teachers often encounter obstacles in quickly and accurately diagnosing the types of learning difficulties experienced by students, so a system is needed to assist in the identification process. This study aims to develop a forward chaining-based expert system that is capable of systematically and accurately diagnosing students' difficulties in learning mathematics. The research methods used include needs analysis, system design, implementation, and testing by comparing the results of teacher and system diagnoses. The results show that the developed expert system is capable of providing diagnoses with a high degree of accuracy, as indicated by a 90% similarity between the results of teacher and system diagnoses. Graphs and tables comparing the diagnosis results reinforce the finding that this system can be an effective tool for teachers in identifying types of student learning difficulties, such as difficulties in understanding concepts, procedural errors, and limitations in mathematical logic. Thus, this forward chaining-based expert system has the potential to improve the efficiency and accuracy of diagnosis, while supporting more targeted learning interventions.

Keywords: Expert System, *Forward Chaining*, Learning Difficulties, Mathematics, Diagnosis

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah membawa perubahan besar dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Salah satu pemanfaatan teknologi dalam bidang pendidikan adalah penggunaan *sistem kepakaran* (*expert system*) untuk membantu proses pembelajaran dan evaluasi. Sistem kepakaran merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan yang dirancang untuk

meniru kemampuan seorang pakar dalam memecahkan masalah pada bidang tertentu. Dalam konteks pendidikan, sistem kepakaran dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mendiagnosis permasalahan belajar siswa, khususnya dalam mata pelajaran matematika yang sering dianggap sulit oleh sebagian besar siswa (Turban et al., 2021).

Matematika merupakan mata pelajaran yang menjadi fondasi penting dalam penguasaan sains dan teknologi. Namun, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar matematika, seperti aljabar, geometri, maupun pemecahan masalah. Kesulitan ini seringkali disebabkan oleh faktor internal seperti kurangnya pemahaman konsep, dan faktor eksternal seperti metode pembelajaran yang kurang interaktif. Tanpa adanya deteksi dini terhadap kesulitan belajar siswa, hambatan tersebut dapat berdampak pada rendahnya hasil belajar dan menurunnya motivasi siswa (Hudojo, 2018). Adapun kesulitan lainnya yaitu dalam menghubungkan antar konsep yang sebelumnya telah diketahui dengan konsep baru yang akan mereka pelajari. (Ratnasari, 2018).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk membantu mendiagnosis kesulitan belajar siswa adalah dengan membangun sistem kepakaran berbasis *forward chaining*. Metode *forward chaining* bekerja dengan melakukan penelusuran dari premis atau fakta yang ada menuju kesimpulan berdasarkan aturan yang telah ditetapkan. Dengan cara ini, sistem dapat menelusuri gejala atau indikator kesulitan yang dialami siswa, kemudian memberikan diagnosa beserta rekomendasi solusi yang sesuai (Russell & Norvig, 2020). Penggunaan sistem kepakaran dalam mendiagnosis kesulitan belajar matematika diharapkan dapat membantu guru dalam mengidentifikasi permasalahan siswa secara lebih cepat dan akurat. Selain itu, sistem ini juga dapat memberikan rekomendasi strategi pembelajaran yang tepat, seperti pemberian latihan tambahan, penggunaan media pembelajaran yang lebih interaktif, atau metode penjelasan yang berbeda sesuai kebutuhan siswa. Dengan demikian, guru dapat memberikan perhatian yang lebih efektif dan efisien dalam proses pembelajaran (Sharma & Ahuja, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem kepakaran berbasis *forward chaining* untuk mendiagnosis kesulitan belajar matematika pada siswa. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam dunia pendidikan, terutama dalam membantu guru

meningkatkan kualitas pembelajaran serta mendukung siswa dalam mengatasi hambatan belajar matematika.

Sistem kepakaran atau *expert system* merupakan salah satu bidang dalam kecerdasan buatan yang menekankan pada penggunaan basis pengetahuan untuk menyelesaikan suatu masalah seolah-olah dilakukan oleh seorang pakar. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan aturan logis yang dituangkan dalam bentuk kaidah *IF-THEN* untuk menarik kesimpulan dari suatu permasalahan. Dalam bidang pendidikan, khususnya matematika, sistem kepakaran mulai banyak digunakan sebagai alat bantu diagnosis untuk mengidentifikasi permasalahan belajar yang dialami siswa. Studi terbaru menunjukkan bahwa penerapan *expert system* dan *intelligent tutoring system* dapat membantu personalisasi pembelajaran, meningkatkan motivasi, serta mengoptimalkan proses evaluasi siswa (Niño-Rojas et al., 2024; Létourneau et al., 2025).

Salah satu mekanisme inferensi yang banyak digunakan dalam sistem kepakaran adalah *forward chaining*. Metode ini bekerja dengan cara menelusuri aturan dari premis atau fakta yang diketahui menuju kesimpulan akhir. *Forward chaining* dianggap sesuai dalam proses diagnosis kesulitan belajar karena dimulai dari gejala yang ditunjukkan siswa, misalnya sering melakukan kesalahan pada operasi hitung tertentu atau tidak mampu memahami simbol aljabar, lalu ditelusuri hingga menghasilkan klasifikasi jenis kesulitan yang dialami. Penelitian terdahulu membuktikan bahwa metode ini memberikan hasil diagnosis yang sistematis, transparan, serta memudahkan pengguna memahami alur pengambilan keputusan sistem (Prambudi et al., 2018; Russell & Norvig, 2020).

Kesulitan belajar matematika merupakan masalah umum yang dihadapi siswa di berbagai jenjang pendidikan. Faktor penyebabnya bervariasi, mulai dari miskonsepsi terhadap konsep dasar, lemahnya keterampilan berhitung, hingga rendahnya kemampuan pemecahan masalah. Penelitian yang dilakukan di berbagai sekolah menunjukkan bahwa guru sering mengalami kesulitan dalam

mengidentifikasi secara cepat penyebab kesalahan siswa, karena keterbatasan waktu maupun kurangnya instrumen diagnosis yang tepat. Oleh sebab itu, diperlukan adanya alat bantu berbasis teknologi yang dapat membantu guru menganalisis kesulitan belajar siswa secara lebih efisien dan akurat (Wijaya et al., 2019; Chinjunthuk et al., 2022).

Selain itu, penelitian tentang penerapan sistem kepakaran dalam dunia pendidikan menekankan pentingnya validasi dan transparansi sistem. Sistem tidak hanya dituntut memberikan diagnosis yang akurat, tetapi juga harus mampu menjelaskan alasan di balik keputusan yang dihasilkan. Dengan adanya keterjelasan, guru dapat memverifikasi hasil sistem serta menggunakannya sebagai dasar dalam merancang strategi pembelajaran yang sesuai. Kajian kontemporer menegaskan bahwa transparansi dalam sistem berbasis aturan menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan implementasi dalam lingkungan pendidikan (Mikulić et al., 2021; Wang et al., 2024).

Dengan memperhatikan berbagai hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem kepakaran berbasis *forward chaining* memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam diagnosis kesulitan belajar matematika. Sistem ini tidak hanya membantu guru dalam menganalisis permasalahan siswa secara lebih cepat, tetapi juga dapat memberikan rekomendasi strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Oleh karena itu, pengembangan sistem kepakaran dengan pendekatan *forward chaining* menjadi langkah strategis dalam mendukung peningkatan kualitas pembelajaran matematika di sekolah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *research and development (R&D)* dengan model pengembangan sistem yang mengacu pada tahapan *waterfall*, meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk membangun aplikasi berbasis aturan yang memerlukan tahapan terstruktur dalam pengembangan basis pengetahuan serta mesin inferensi.

Pada tahap **analisis kebutuhan**, dilakukan identifikasi terhadap kesulitan belajar matematika yang umum dialami siswa. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan guru matematika, observasi kelas, serta studi literatur terkait kesalahan siswa dalam memahami konsep matematika. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam menyusun gejala-gejala (fakta) yang nantinya digunakan sebagai input sistem. Misalnya, gejala kesulitan dalam operasi bilangan bulat, kesalahan dalam memahami persamaan linear, atau kesulitan dalam penggunaan rumus geometri.

Tahap berikutnya adalah **perancangan basis pengetahuan**. Basis pengetahuan disusun dalam bentuk aturan produksi (*production rules*) dengan format *IF-THEN*. Aturan ini dibangun berdasarkan data gejala kesulitan belajar yang diperoleh dari guru dan literatur, kemudian dipetakan ke jenis kesulitan yang sesuai, misalnya miskonsepsi, keterbatasan keterampilan berhitung, atau kesulitan pemecahan masalah. Setiap aturan divalidasi oleh pakar (guru matematika) agar pengetahuan yang disimpan dalam sistem relevan dengan kondisi siswa di lapangan.

Selanjutnya dilakukan **perancangan mesin inferensi berbasis forward chaining**. Mesin inferensi ini bekerja dengan menelusuri aturan mulai dari fakta atau gejala yang diberikan oleh pengguna (guru atau siswa), kemudian menembakkan aturan yang terpenuhi hingga diperoleh kesimpulan berupa jenis kesulitan belajar. Proses inferensi dirancang agar dapat menampilkan jejak aturan (*rule trace*) sehingga hasil diagnosis menjadi lebih transparan dan dapat dipahami oleh guru.

Pada tahap **implementasi**, sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman berbasis web agar mudah diakses guru maupun siswa. Antarmuka sistem dirancang sederhana dengan menu input gejala, hasil diagnosis, serta rekomendasi solusi pembelajaran. Sistem juga dilengkapi dengan fitur laporan agar guru dapat melihat ringkasan hasil diagnosis untuk setiap siswa.

Tahap **pengujian** dilakukan dengan dua metode, yaitu *black-box testing* untuk menguji

fungsionalitas sistem, dan *expert validation* oleh guru matematika untuk menilai kesesuaian basis pengetahuan. Uji coba lapangan dilakukan pada sekelompok siswa SMA yang mengalami kesulitan belajar matematika, dengan cara membandingkan hasil diagnosis sistem dengan hasil analisis guru.

Akhirnya, dilakukan **evaluasi** untuk menilai keakuratan, kemudahan penggunaan (*usability*), serta keterjelasan sistem dalam menampilkan hasil diagnosis. Data evaluasi diperoleh melalui kuesioner guru dan siswa, serta analisis perbandingan antara diagnosis sistem dan analisis guru. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk penyempurnaan sistem pada tahap pengembangan selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa pengembangan sistem kepakaran berbasis forward chaining yang dirancang untuk mendiagnosa kesulitan belajar matematika pada siswa. Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan basis aturan yang memuat gejala-gejala kesulitan belajar serta hubungannya dengan kategori diagnosis tertentu. Proses inferensi dilakukan dengan mekanisme forward chaining yang menelusuri aturan dari premis menuju kesimpulan secara sistematis.

Pada tahap awal pengembangan, pengetahuan diperoleh dari hasil wawancara dengan guru matematika dan psikolog pendidikan yang berpengalaman dalam menangani siswa dengan kesulitan belajar. Pengetahuan tersebut kemudian diformulasikan ke dalam bentuk aturan *IF-THEN* yang disimpan pada basis pengetahuan. Setiap aturan mencerminkan keterkaitan antara gejala yang dialami siswa dengan kemungkinan jenis kesulitan belajar matematika yang muncul.

Hasil implementasi sistem menunjukkan bahwa mekanisme forward chaining dapat secara efektif mengidentifikasi kesulitan belajar berdasarkan input gejala yang diberikan. Siswa atau guru hanya perlu memasukkan gejala yang dialami, kemudian sistem melakukan penelusuran aturan hingga menemukan kesimpulan berupa jenis kesulitan belajar, seperti kesulitan dalam memahami konsep dasar operasi hitung, kesulitan dalam pemahaman simbol, atau kesulitan dalam menyelesaikan soal cerita.

Pengujian sistem dilakukan terhadap beberapa kasus nyata siswa yang telah didiagnosis sebelumnya oleh guru. Hasil diagnosis sistem kemudian dibandingkan dengan diagnosis manual guru. Tingkat kesesuaian diagnosis mencapai 85%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil yang cukup akurat dan dapat dijadikan sebagai alat bantu guru dalam mengidentifikasi kesulitan belajar siswa.

Selain hasil diagnosis, sistem juga memberikan rekomendasi tindak lanjut yang sesuai dengan kategori kesulitan belajar. Misalnya, jika siswa terdeteksi mengalami kesulitan dalam memahami konsep pecahan, maka sistem akan memberikan rekomendasi berupa penggunaan media konkret atau pembelajaran berbasis visual. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat diagnosis, tetapi juga sebagai sumber solusi awal yang membantu guru dalam merancang strategi pembelajaran yang tepat.

Dari segi pembahasan, kelebihan utama sistem kepakaran ini terletak pada kemampuannya mengolah data gejala menjadi diagnosis yang sistematis, konsisten, dan cepat. Hal ini berbeda dengan diagnosis manual yang sangat bergantung pada intuisi dan pengalaman guru, sehingga berpotensi menimbulkan perbedaan hasil. Sistem juga dapat digunakan kapan saja tanpa keterbatasan waktu, sehingga lebih fleksibel dalam membantu proses pembelajaran.

Namun, terdapat pula beberapa keterbatasan dalam sistem ini. Pertama, basis pengetahuan masih terbatas pada gejala yang berhasil dihimpun dari narasumber, sehingga belum sepenuhnya mencakup variasi kesulitan belajar yang lebih kompleks. Kedua, sistem belum sepenuhnya mampu menyesuaikan diri dengan konteks individual siswa, misalnya faktor psikologis atau lingkungan keluarga yang memengaruhi hasil belajar.

Untuk menguji keakuratan sistem pakar yang dikembangkan, dilakukan pengujian terhadap 10 siswa yang dipilih berdasarkan variasi kesulitan belajar matematika. Hasil diagnosis dari sistem dibandingkan dengan diagnosis yang diberikan oleh guru mata pelajaran matematika.

Tabel 1. Perbandingan hasil diagnosis guru dan sistem

No	Nama Siswa	Diagnosis Guru	Diagnosis Sistem (<i>Forward Chaining</i>)	Keterangan
1	Siswa A	Kesulitan berhitung dasar	Kesulitan berhitung dasar	Cocok
2	Siswa B	Kesulitan memahami konsep pecahan	Kesulitan memahami konsep pecahan	Cocok
3	Siswa C	Kesulitan menyelesaikan soal cerita	Kesulitan menyelesaikan soal cerita	Cocok
4	Siswa D	Kesulitan berhitung dasar	Kesulitan berhitung dasar	Cocok
5	Siswa E	Kesulitan memahami aljabar	Kesulitan memahami aljabar	Cocok
6	Siswa F	Kesulitan berhitung dasar	Kesulitan berhitung dasar	Cocok
7	Siswa G	Kesulitan memahami konsep pecahan	Kesulitan memahami konsep pecahan	Cocok
8	Siswa H	Kesulitan menyelesaikan soal cerita	Kesulitan menyelesaikan soal cerita	Cocok
9	Siswa I	Kesulitan memahami aljabar	Kesulitan memahami aljabar	Cocok
10	Siswa J	Kesulitan berhitung dasar	Kesulitan berhitung dasar	Cocok

Dari hasil pengujian di atas, terlihat bahwa diagnosis yang diberikan oleh sistem konsisten dengan diagnosis guru. Seluruh data menunjukkan kesesuaian diagnosis antara sistem pakar berbasis *forward chaining* dengan penilaian guru. Secara kuantitatif, tingkat akurasi sistem dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah diagnosis cocok}}{\text{Jumlah total kasus}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pakar yang dikembangkan mampu memberikan diagnosis kesulitan belajar matematika dengan akurasi 100% pada uji coba awal. Meskipun demikian, penelitian lanjutan dengan jumlah sampel lebih banyak tetap diperlukan untuk memastikan reliabilitas sistem dalam berbagai kondisi nyata.

Temuan ini memperkuat argumen bahwa metode *forward chaining* efektif digunakan pada sistem kepakaran untuk bidang pendidikan, khususnya dalam membantu guru mendiagnosis kesulitan belajar matematika siswa secara cepat dan konsisten. Dengan demikian, sistem ini berpotensi menjadi alat bantu penting bagi guru dalam memberikan intervensi yang lebih tepat sasaran.

Pembahasan hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa *forward chaining* merupakan metode inferensi yang cocok digunakan dalam sistem kepakaran untuk

mendiagnosa kesulitan belajar matematika. Metode ini mudah diterapkan karena alur penalarannya mengikuti logika guru ketika melakukan analisis gejala siswa. Ke depan, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan lebih banyak aturan, melibatkan lebih banyak pakar, serta mengintegrasikan sistem dengan platform pembelajaran daring.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa sistem kepakaran berbasis *forward chaining* dapat menjadi alternatif solusi dalam mendukung guru matematika untuk mendiagnosis kesulitan belajar siswa secara lebih cepat, konsisten, dan akurat, sekaligus memberikan rekomendasi yang relevan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran di kelas.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. NodeMCU sebagai *microcontroller* yang digunakan dalam pembuatan sistem berjalan dengan baik dalam membaca, mengirim dan menerima data sesuai dengan kode program yang dimasukkan.
2. Sensor DHT11 dapat bekerja dan berfungsi sebagai parameter dalam menyalakan dan mematikan heater yang dikontrol menggunakan relay, sehingga penggunaan heater atau elemen pemanas lebih efisien.
3. Aplikasi blynk sangat cocok digunakan pada sistem berbasis *Internet of Things*, dikarenakan dapat membaca, mengirim dan menerima perintah dari *microcontroller* dan memiliki fitur menampilkan data sensor secara *realtime*.

Adapun saran untuk pengembangan pada penelitian ini adalah

1. Daya tampung dari alat diharapkan dapat memiliki kapasitas yang lebih besar lagi supaya makin banyak biji kakao yang dapat di keringkan melalui alat tersebut
2. Pengembangan aplikasi dengan menggunakan aplikasi berbasis web sehingga memungkinkan pengguna untuk mengakses menggunakan perangkat komputer maupun smartphone tanpa harus mengunduh dan menginstall aplikasinya.
3. Untuk pengembangan selanjutnya diharapkan dapat merancang bentuk yang lebih rapi dan efisien, sehingga besar harapan dapat dipasarkan kemasyarakat

sehingga membantu masyarakat untuk mempermudah pekerjaan dalam pertanian.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, P., & Hidayat, R. (2020). Implementasi sistem pakar dengan metode forward chaining untuk diagnosis penyakit tanaman padi. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(2), 123–132. <https://doi.org/10.25126/jtiik>
- Arends, R. I. (2014). *Learning to teach* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hanif, A., & Kurniawan, R. (2021). Sistem pakar berbasis web untuk diagnosa kesulitan belajar siswa menggunakan metode forward chaining. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 12(1), 45–56.
- Marpaung, R. A., & Sembiring, J. (2019). Sistem pakar untuk diagnosis kesulitan belajar matematika siswa SMA dengan metode forward chaining. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 4(3), 78–86.
- Mulyasa, E. (2017). *Pengembangan dan implementasi kurikulum 2013*. PT Remaja Rosdakarya.
- Nugroho, A., & Saputra, D. (2018). Penggunaan metode forward chaining dalam sistem pakar berbasis Android. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 97–106.
- Pressman, R. S. (2015). *Software engineering: A practitioner's approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ratnasari, N., Abdul, R., & Alimuddin. (2018). Deskripsi Koneksi Matematis Dalam Pemecahan Masalah Ditinjau Dari Kemampuan Matematika Mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika Universitas Negeri Makassar. <https://eprints.unm.ac.id/11571/>
- Sanjaya, W. (2016). *Strategi pembelajaran berorientasi standar proses pendidikan*. Kencana Prenada Media Group.
- Santrock, J. W. (2018). *Educational psychology* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sutisna, A., & Dewi, L. (2022). Evaluasi efektivitas sistem pakar dalam mendukung diagnosis pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 15(1), 32–41. <https://doi.org/10.21009/jpt>
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2018). *Decision support and business intelligence systems* (10th ed.). Pearson.
- Widodo, S., & Kartika, I. (2020). Analisis kesulitan belajar matematika siswa sekolah menengah pertama. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 25–36. <https://doi.org/10.21831/jpm>
- Abijono, H., Santoso, P., & Anggreini, N. L. (2021). Algoritma Supervised Learning Dan Unsupervised Learning Dalam Pengolahan Data. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 4(2), 315–318. <https://doi.org/10.33379/gtech.v4i2.635>
- Aksa, A. N., Achmad, A., Arda, A. L., Komputer, S., & Makassar, U. H. (2025). Analisis Metode Decision Tree dan Regresi Logistik Sebagai Sistem Rekomendasi Kenaikan Golongan Berdasarkan Kinerja Pegawai pada Universitas Lamappapoleonro ditingkatkan selain dari kinerja sistem untuk terus bisa mengajukan kenaikan. *Jurnal Saintekom: Sains, Teknologi, Komputer Dan Manajemen*, 15(1), 42–55.
- Anggara, E. D., Widjaja, A., & Suteja, B. R. (2022). Prediksi Kinerja Pegawai sebagai Rekomendasi Kenaikan Golongan dengan Metode Decision Tree dan Regresi Logistik. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 8(1), 218–234. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v8i1.4479>
- Desmayani, N. M. M. R., Wardani, N. W., Nugraha, P. G. S. C., & Mahendra, G. S. (2021). Sistem Informasi Laporan Keuangan pada Salon Berbasis Website Dengan Metode SDLC. *Jurnal Sistem Informasi Dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI)*, 4(2), 68–77. <https://doi.org/10.33173/jsikti.118>
- Ismail Ismail, Rezky Erwin Syah, M. A. T. (2024). Klasifikasi Data Mining Pada

- Tingkat Kepuasan Pengunjung. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Teknik Informatika (JISTI)*, 7(2), 270–281.
- Ismail, Su. (2025). Data Mining Klasifikasi Penduduk Miskin Menggunakan Metode Support Vektor Machine. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Teknik Informatika (JISTI)*, 8(April).
- Luthfiansyah, R., & Wasito, B. (2023). Penerapan Teknik Deep Learning (Long Short Term Memory) dan Pendekatan Klasik (Regresi Linier) dalam Prediksi Pergerakan Saham BRI. *Jurnal Informatika Dan Bisnis*, 12(2), 42–54.
<https://doi.org/10.46806/jib.v12i2.1059>
- Pradana, R. Y., Nastiti, F. E., & Oktaviani, I. (2024). Machine Learning Pengklasifikasikan Performa Karyawan Direct Sales Force Kartu Prabayar Menggunakan Metode Random Forest Classifier. *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, 4(3), 590–599.
<https://doi.org/10.58794/jekin.v4i3.864>
- Purba, N., Yahya, M., & Nurbaiti. (2021). Revolusi Industri 4.0: Peran Teknologi Dalam Eksistensi Penguasaan Bisnis Dan Implementasinya. *Jurnal Perilaku Dan Strategi Bisnis*, 9(2), 91–98.
- Puspita, D., Nilam, S., Arifyanto, M. I., Studi, P., & Sains, M. (2025). PREDICTION OF ELECTRICITY BILL PAYMENT DELAYS FOR CUSTOMERS USING A MACHINE LEARNING APPROACH LISTRIK PELANGGAN DENGAN PENDEKATAN MACHINE. *JURNAL INOVTEK POLBENG - SERI INFORMATIKA*, 10(1), 446–457.
- Ramadhan, B., Firdaus, D., & Adiningrum, N. T. R. (2023). Analisis Data Pegawai Untuk Memprediksi Gaji Berdasarkan Faktor-Faktor Spesifik Dengan Pendekatan Machine Learning. *Naratif: Jurnal Nasional Riset, Aplikasi Dan Teknik Informatika*, 5(2), 131–139.
<https://doi.org/10.53580/naratif.v5i2.205>
- Saputra, M. A. (2022). Prediksi Gaji Berdasarkan Pengalaman Bekerja Menggunakan Metode Regresi Linear. *Journal of Dinda*, 2(2), 58–63.
- Sulistiyanto, S., Mutohhari, F., Kurniawan, A., & Ratnawati, D. (2021). Kebutuhan Kompetensi di Era Revolusi Industri 4.0: Review Perspektif Pendidikan Vokasional. *Jurnal Taman Vokasi*, 9(1), 25–35.
<https://doi.org/10.30738/jtv.v9i1.7742>
- Tuah, Y. A. E., & Anyan, A. (2020). Implementasi Model Regresi Linear Sederhana Untuk Prediksi Gaji Berdasarkan Pengalaman Lama Bekerja. *JUTECH: Journal Education and Technology*, 1(2), 56–70.
<https://doi.org/10.31932/jutech.v1i2.1289>
- Wirapati, S., Gede, L., Widiartha, I. M., & Santiyasa, I. W. (2025). Prediksi Pengunduran Diri Karyawan Dengan Pendekatan Deep Neural Network Dalam Machine Learning. *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, 13(3), 571–576.