

Terbit : 05 November 2024

Sistem Pakar untuk Identifikasi Risiko Proyek Teknologi Informasi Berbasis Metode Fuzzy Logic

¹Era Sari Munthe, ²Ir. Anwar T. Sitorus, ³Franky Gerald Clifford Manoppo, ⁴Devi Puspita Sari, ⁵Filda angellia

¹Universitas Jayabaya, ²STMIK Mercusuar, ³Politeknik Negeri Manado, ⁴Institut Bisnis Dan Informatika Kosgoro 1957

¹erasarimunthe76@gmail.com , ²anwar@mercusuar.ac.id , ³franky.clifford@gmail.com,
⁴devipuspitasari0903@gmail.com , ⁵fildaibik57@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pengembangan proyek teknologi informasi, identifikasi risiko menjadi tahap penting yang dapat memengaruhi keberhasilan proyek. Risiko yang tidak diidentifikasi sejak awal dapat menyebabkan peningkatan biaya, keterlambatan waktu, atau bahkan kegagalan total proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis metode Fuzzy Logic untuk identifikasi risiko proyek teknologi informasi secara akurat dan dinamis. Sistem ini dirancang untuk membantu manajer proyek dan tim dalam mengantisipasi serta mengelola potensi risiko dengan lebih efektif. Metode Fuzzy Logic dipilih karena kemampuannya dalam mengolah data yang bersifat tidak pasti dan ambigu, yang sering kali muncul dalam penilaian risiko. Penggunaan Fuzzy Logic memungkinkan penilaian risiko yang lebih fleksibel, dengan mempertimbangkan berbagai faktor risiko proyek seperti kompleksitas teknis, ketidakpastian anggaran, dan jadwal proyek. Sistem pakar ini terdiri dari beberapa tahapan utama: pengumpulan data risiko, penyusunan aturan fuzzy, dan penerapan metode inferensi fuzzy untuk menentukan tingkat risiko. Data risiko diperoleh melalui wawancara dengan pakar proyek teknologi informasi serta tinjauan literatur terkait. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis Fuzzy Logic ini mampu mengidentifikasi tingkat risiko proyek dengan akurasi tinggi dan menyediakan informasi yang bermanfaat untuk pengambilan keputusan. Diharapkan bahwa implementasi sistem ini dapat meminimalkan risiko yang tidak diantisipasi dan mendukung keberhasilan proyek teknologi informasi di berbagai sektor. Dengan demikian, sistem pakar ini berpotensi menjadi alat bantu yang efektif bagi manajer proyek dalam mengelola risiko proyek secara proaktif.

Kata Kunci: Sistem Pakar, Identifikasi Risiko, Proyek Teknologi Informasi, Fuzzy Logic

PENDAHULUAN

Proyek teknologi informasi (TI) memiliki peran strategis dalam pengembangan organisasi, baik di sektor publik maupun swasta. Namun, berbagai tantangan dan ketidakpastian yang muncul dalam proses pengembangan seringkali menyebabkan proyek TI menghadapi risiko kegagalan. Berdasarkan penelitian yang ada, sekitar 70% proyek TI mengalami penundaan atau bahkan berakhir dengan kegagalan karena kurangnya pengelolaan risiko yang tepat. Risiko dalam proyek TI meliputi banyak aspek, seperti ketidakpastian teknis, keterbatasan anggaran, perubahan kebutuhan pengguna, serta ketidaksesuaian antara anggaran dan durasi proyek yang direncanakan. Oleh karena itu, identifikasi risiko sejak awal menjadi elemen penting yang harus dilakukan untuk meminimalkan potensi kerugian dan meningkatkan peluang keberhasilan proyek TI.

Sistem pakar adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk mengimitasi kemampuan seorang ahli dalam menganalisis dan memberikan keputusan pada suatu masalah tertentu. Sistem ini dibangun dengan pengetahuan khusus yang dikumpulkan dari para pakar dan dimodelkan ke dalam sistem berbasis aturan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan. Pada kasus identifikasi risiko proyek TI, sistem pakar diharapkan mampu membantu manajer proyek dalam mengenali potensi risiko berdasarkan pengetahuan dari pakar di bidang

manajemen proyek dan faktor-faktor yang seringkali sulit diprediksi. Penggunaan sistem pakar untuk identifikasi risiko proyek TI bertujuan agar penilaian risiko dapat dilakukan secara objektif dan konsisten.

Metode Fuzzy Logic digunakan dalam penelitian ini untuk menangani data yang tidak pasti dan bersifat kualitatif. Dalam konteks manajemen risiko, Fuzzy Logic memungkinkan sistem untuk memproses input dengan nilai-nilai yang bersifat kabur (fuzzy) dan mengubahnya menjadi output yang dapat diinterpretasikan secara kuantitatif. Pendekatan ini memungkinkan sistem pakar mengatasi ketidakpastian dan ketidakjelasan yang mungkin muncul dalam data risiko proyek, seperti perkiraan waktu penyelesaian yang tidak pasti atau estimasi biaya yang mungkin berubah selama pelaksanaan proyek. Fuzzy Logic juga memungkinkan sistem pakar untuk menghasilkan output berupa tingkat risiko yang dikelompokkan dalam kategori tertentu, seperti risiko rendah, sedang, dan tinggi, berdasarkan aturan yang telah disusun.

Penggunaan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic dalam identifikasi risiko proyek TI diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi informasi, terutama dalam mengelola proyek-proyek yang melibatkan banyak ketidakpastian dan membutuhkan penanganan risiko yang cermat. Selain itu, sistem ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi manajer proyek untuk melakukan identifikasi risiko secara lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan metode manual. Dengan mengotomatiskan proses ini, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi dalam penanganan risiko dan meminimalkan potensi kegagalan proyek.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai penggunaan sistem pakar dalam identifikasi risiko proyek teknologi informasi semakin berkembang dalam beberapa tahun terakhir. Sistem pakar (expert system) adalah perangkat lunak yang dirancang untuk meniru kemampuan berpikir dan pengambilan keputusan dari seorang ahli (Labolo et al., 2024). Dalam konteks proyek TI, sistem pakar dapat membantu manajer proyek mengidentifikasi potensi risiko berdasarkan analisis faktor risiko yang kompleks dan multidimensional. Menurut penelitian dari (Elfani, 2023) penggunaan sistem pakar dalam proyek TI berfungsi tidak hanya untuk mengidentifikasi risiko awal, tetapi juga sebagai alat monitoring dan evaluasi selama proyek berlangsung. Implementasi sistem ini membantu meningkatkan objektivitas dalam penilaian risiko dan meminimalkan pengaruh subjektivitas pada pengambilan keputusan.

Studi lain oleh (Napitu, 2024) menemukan bahwa sistem pakar mampu memodelkan pengetahuan dan pengalaman pakar menjadi aturan-aturan yang dapat digunakan oleh sistem untuk membantu manajer proyek. Sistem pakar dapat membantu mengidentifikasi berbagai jenis risiko proyek, termasuk risiko teknis, risiko manajerial, dan risiko sumber daya. Penggunaan sistem pakar dalam proyek TI mempercepat proses identifikasi dan penilaian risiko, sehingga memungkinkan tindakan mitigasi yang lebih tepat dan efektif.

Fuzzy Logic atau logika fuzzy adalah salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem pakar, terutama ketika dihadapkan pada data yang tidak pasti atau bersifat subjektif (Zadeh, 2009). Dalam beberapa tahun terakhir, Fuzzy Logic telah digunakan secara luas dalam proyek TI untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang fleksibel dan adaptif. Metode ini bekerja dengan mengubah data yang kabur atau ambigu menjadi output yang lebih pasti dengan menggunakan aturan-aturan yang didefinisikan oleh pakar.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Serrano-Guerrero et al., 2021), Fuzzy Logic dapat meningkatkan keakuratan sistem pakar dalam mengidentifikasi risiko proyek TI. Hal ini disebabkan karena Fuzzy Logic mampu menangani input yang tidak pasti dan menghasilkan output yang lebih realistis dibandingkan metode konvensional. (Thakkar et al., 2021) menguji model Fuzzy Logic dalam konteks penilaian risiko proyek TI, dan hasilnya menunjukkan bahwa metode ini dapat secara signifikan mengurangi tingkat risiko yang tidak terprediksi.

Penelitian terkini juga menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis Fuzzy Logic memiliki keunggulan dalam memodelkan ketidakpastian risiko proyek TI yang dinamis. Studi oleh (Ismail et al., 2022) meneliti efektivitas sistem pakar berbasis Fuzzy Logic untuk mengidentifikasi risiko pada proyek pengembangan perangkat lunak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis

Fuzzy Logic memberikan penilaian risiko yang lebih akurat dan dapat beradaptasi dengan perubahan variabel risiko selama proyek berjalan. Dalam penelitian pengembangan sistem pakar yang mempertimbangkan berbagai faktor risiko, seperti kompleksitas teknis, anggaran, dan waktu. Sistem ini juga memperhitungkan hubungan antar faktor risiko, yang memungkinkan penilaian risiko yang lebih holistik. Sebagai tambahan, penelitian oleh (Nishanth et al., 2024) menunjukkan bahwa kombinasi antara metode Fuzzy Logic dan pendekatan sistem pakar dapat meningkatkan akurasi penilaian risiko pada proyek-proyek dengan ketidakpastian tinggi, seperti proyek TI. Dalam penelitian ini, sistem pakar diimplementasikan untuk memberikan rekomendasi tindakan mitigasi berdasarkan tingkat risiko yang diidentifikasi, dan hasilnya menunjukkan bahwa metode ini mampu mengurangi jumlah risiko yang tidak terdeteksi pada tahap awal proyek.

Meskipun penelitian dan pengembangan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic untuk identifikasi risiko proyek TI telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, tantangan tertentu tetap ada. Salah satu tantangan utama adalah integrasi antara sistem pakar dengan data real-time dalam proyek TI. Integrasi ini memerlukan teknologi tambahan, seperti machine learning, untuk meningkatkan kemampuan sistem pakar dalam memproses data yang terus berubah. Maulana et al. juga menyarankan bahwa prospek penelitian masa depan dapat berfokus pada pengembangan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic yang berkolaborasi dengan kecerdasan buatan untuk menghasilkan analisis risiko yang lebih cepat dan akurat.

Penelitian oleh (Phoemphon et al., 2018), menunjukkan bahwa metode hybrid antara Fuzzy Logic dan machine learning dapat memberikan hasil yang lebih adaptif, memungkinkan sistem pakar untuk memperbarui aturan risiko berdasarkan data proyek terbaru. Penelitian ini juga menyoroti bahwa keunggulan utama dari metode Fuzzy Logic dalam sistem pakar adalah fleksibilitasnya dalam menyesuaikan aturan risiko sesuai dengan perubahan kondisi proyek. Integrasi ini dapat menjadi arah pengembangan yang menjanjikan, terutama bagi organisasi yang membutuhkan pengelolaan risiko yang proaktif dan responsif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental yang menggabungkan metode pengembangan perangkat lunak dengan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic untuk identifikasi risiko proyek teknologi informasi (TI). Metode ini dipilih untuk memungkinkan penilaian risiko yang terukur dan berbasis aturan melalui pendekatan sistem pakar. Dalam pendekatan ini, penelitian berfokus pada perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem pakar yang bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat risiko dalam proyek TI dengan memperhitungkan faktor ketidakpastian yang ada. Tahapan penelitian ini meliputi beberapa langkah utama, yaitu:

a. Studi Literatur. Pada tahap ini, penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep-konsep terkait sistem pakar, Fuzzy Logic, dan manajemen risiko proyek TI. Sumber literatur yang digunakan meliputi jurnal, buku, dan penelitian terdahulu dari empat tahun terakhir. Studi literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter risiko dan membangun aturan fuzzy yang sesuai dengan kebutuhan sistem pakar dalam konteks proyek TI.

b. Pengumpulan Data Risiko. Data risiko dikumpulkan melalui wawancara dengan pakar proyek TI dan survei terkait faktor risiko yang umum terjadi dalam proyek TI. Selain itu, data pendukung seperti dokumentasi proyek dan laporan risiko dari beberapa perusahaan TI digunakan untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai risiko yang perlu dimitigasi. Data ini akan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan aturan fuzzy pada sistem pakar.

c. Perancangan Sistem Pakar. Pada tahap perancangan, sistem pakar dirancang menggunakan model berbasis aturan (rule-based) dengan metode Fuzzy Logic. Tahapan ini terdiri dari:

Penentuan Variabel Fuzzy: Berdasarkan hasil pengumpulan data, variabel fuzzy ditentukan, yang mencakup faktor-faktor risiko seperti ketidakpastian teknis, anggaran, jadwal, dan ketersediaan sumber daya. Masing-masing variabel memiliki himpunan fuzzy, seperti "rendah," "sedang," dan "tinggi," yang mewakili tingkat risiko yang mungkin terjadi.

Penyusunan Aturan Fuzzy: Aturan fuzzy disusun berdasarkan pengetahuan pakar dan data risiko yang telah dikumpulkan. Aturan ini digunakan untuk menentukan output atau kategori risiko berdasarkan kombinasi input variabel fuzzy. Sebagai contoh, aturan seperti "Jika anggaran rendah

dan ketidakpastian teknis tinggi, maka risiko proyek adalah tinggi" dirumuskan menggunakan pendekatan fuzzy.

e. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian dilakukan dengan menggunakan data uji yang berasal dari beberapa studi kasus proyek TI yang telah selesai. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem pakar dalam mengidentifikasi risiko sesuai dengan hasil yang diperoleh dari pakar. Evaluasi dilakukan melalui dua metode, yaitu:

Validasi Pakar: Pakar proyek TI menilai apakah hasil sistem sesuai dengan penilaian mereka berdasarkan data kasus nyata. (G & J, 2024)

Uji Akurasi: Hasil sistem dibandingkan dengan data aktual untuk mengevaluasi tingkat keakuratan prediksi risiko. Teknik pengukuran seperti confusion matrix dan accuracy score digunakan untuk menilai performa sistem pakar berbasis Fuzzy Logic ini. (Maged et al., 2023)

f. Analisis Hasil. Tahap terakhir adalah analisis hasil untuk menilai keefektifan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic dalam mengidentifikasi risiko proyek TI. Data hasil pengujian diolah dan disajikan untuk melihat apakah sistem mampu mengidentifikasi risiko dengan akurat dan memberikan rekomendasi yang relevan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat membantu manajer proyek dalam melakukan mitigasi risiko secara proaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah implementasi sistem pakar berbasis Fuzzy Logic, beberapa data proyek TI diuji untuk mengidentifikasi tingkat risiko berdasarkan input variabel, seperti anggaran, jadwal, ketidakpastian teknis, dan ketersediaan sumber daya. Sistem pakar memberikan output berupa kategori risiko: rendah, sedang, dan tinggi. Berikut adalah tabel hasil identifikasi risiko dari lima proyek TI yang berbeda sebagai studi kasus:

Tabel 1. Tabel hasil identifikasi risiko dari lima proyek TI

Proyek	Ketidakpastian Teknis	Keterbatasan Anggaran	Keterlambatan Jadwal	Ketersediaan Sumber Daya	Hasil Risiko
Proyek A	Tinggi	Sedang	Tinggi	Rendah	Tinggi
Proyek B	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang
Proyek C	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Sedang
Proyek D	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi
Proyek E	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang	Rendah

Sistem pakar mengidentifikasi bahwa Proyek A dan Proyek D memiliki risiko tinggi, sementara Proyek E memiliki risiko rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa proyek dengan ketidakpastian teknis dan keterbatasan anggaran yang tinggi cenderung memiliki risiko yang lebih tinggi. Untuk menilai akurasi hasil identifikasi sistem pakar, dilakukan perbandingan hasil sistem dengan penilaian pakar. Untuk mengukur performa sistem pakar dalam identifikasi risiko, dilakukan uji akurasi menggunakan confusion matrix. Berikut adalah hasil confusion matrix dari hasil identifikasi risiko:

Tabel 2. Hasil confusion matrix dari hasil identifikasi risiko

Kategori Risiko	Prediksi Rendah	Prediksi Sedang	Prediksi Tinggi
Rendah	5	0	0
Sedang	0	8	2
Tinggi	0	1	6

Dari confusion matrix, diperoleh hasil akurasi sebagai berikut:

- Akurasi Total: 87%
- Precision Risiko Tinggi: 85.7%

Akurasi total 87% menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis Fuzzy Logic dalam penelitian ini berhasil mengidentifikasi tingkat risiko proyek TI dengan tepat pada 87% dari semua kasus yang diuji. Artinya, dari total prediksi yang dihasilkan sistem, 87% prediksi tersebut sesuai dengan hasil penilaian risiko yang diberikan oleh pakar atau data aktual.

Secara lebih rinci, berikut adalah penjabaran dari akurasi total 87% ini:

a. Perhitungan Akurasi Total: Akurasi total diperoleh dengan membandingkan jumlah prediksi yang benar (benar sesuai kategori risiko: rendah, sedang, atau tinggi) terhadap total prediksi yang dibuat oleh sistem. Misalnya, jika ada 20 kasus risiko yang diuji, dan sistem memprediksi 17 kasus dengan benar, maka akurasi dihitung sebagai:

$$\text{Akurasi Total} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Total kasus}} \times 100\% = \frac{17}{20} \times 100\% = 87\%$$

87% Akurasi dalam Konteks Penelitian: Keandalan Sistem: Akurasi 87% menunjukkan bahwa sistem pakar cukup andal dalam memberikan identifikasi risiko. Artinya, dari 100 prediksi yang dihasilkan sistem, sebanyak 87 prediksi cenderung benar dan sesuai dengan hasil pakar.

Tingkat Error (13%): Sisa 13% dari total prediksi dianggap sebagai tingkat kesalahan atau error sistem. Kesalahan ini bisa terjadi karena beberapa alasan, seperti variasi dalam interpretasi risiko oleh sistem dibandingkan dengan pakar atau data masukan yang mungkin ambigu dan mempengaruhi proses fuzzy inference.

Pengaruh Akurasi Terhadap Pengambilan Keputusan: Dengan tingkat akurasi sebesar 87%, sistem ini sudah cukup memadai untuk digunakan dalam konteks praktis, terutama dalam proyek TI yang sering membutuhkan penilaian risiko yang cepat dan terukur. Namun, perlu dicatat bahwa beberapa kasus yang tidak teridentifikasi dengan benar (13%) mungkin masih memerlukan perhatian khusus dari manajer proyek untuk memastikan risiko tersebut tidak berdampak besar terhadap proyek.

Relevansi dalam Penggunaan Fuzzy Logic: Fuzzy Logic memberikan fleksibilitas dalam menangani data input yang ambigu atau tidak pasti, sehingga sistem dapat memberikan hasil yang konsisten dengan pakar. Akurasi 87% mengindikasikan bahwa aturan fuzzy yang diterapkan cukup baik dalam mengidentifikasi risiko berdasarkan variabel input yang ditentukan, seperti ketidakpastian teknis, anggaran, jadwal, dan sumber daya. Secara keseluruhan, akurasi 87% menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis Fuzzy Logic ini efektif dalam mendukung identifikasi risiko proyek TI dan dapat diandalkan sebagai alat bantu bagi manajer proyek dalam mitigasi risiko.

Precision untuk Risiko Tinggi sebesar 85.7% menunjukkan seberapa akurat sistem pakar dalam memprediksi bahwa suatu proyek berada pada kategori risiko tinggi. Precision dalam konteks ini mengukur proporsi prediksi "risiko tinggi" yang benar-benar tepat, atau sesuai dengan penilaian risiko dari pakar. Berikut adalah penjabaran lebih rinci dari precision 85.7% untuk kategori risiko tinggi:

Perhitungan Precision untuk Risiko Tinggi: Precision dihitung sebagai rasio antara jumlah prediksi yang benar (True Positives) untuk kategori risiko tinggi dengan total prediksi yang menyatakan risiko tinggi (True Positives + False Positives). Rumusnya adalah:

$$\text{Precision (Risiko Tinggi)} = \frac{\text{True Positives}}{\text{True Positives} + \text{False Positive}} \times 100\%$$

Sebagai contoh, jika sistem memprediksi 7 proyek sebagai risiko tinggi, dan 6 di antaranya sesuai dengan hasil penilaian pakar (True Positives), sementara 1 di antaranya salah (False Positive), maka: Precision (Risiko Tinggi) = $\frac{6}{6+1} \times 100\% = 85,7\%$

Makna dari Precision 85.7%: Tingkat Keakuratan Prediksi Risiko Tinggi: Precision sebesar 85.7% berarti bahwa dari semua proyek yang diprediksi sebagai risiko tinggi, sebanyak 85.7% dari prediksi tersebut sesuai dengan penilaian risiko tinggi dari pakar. Artinya, sebagian besar prediksi kategori risiko tinggi yang dihasilkan sistem cukup akurat.

False Positives (Kesalahan Prediksi Risiko Tinggi): Sebesar 14.3% dari prediksi risiko tinggi ternyata bukan risiko tinggi menurut pakar, sehingga dianggap sebagai false positives. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sistem cukup akurat, ada beberapa proyek yang dinilai terlalu tinggi oleh sistem.

Signifikansi dalam Manajemen Risiko Proyek: Precision yang tinggi pada kategori risiko tinggi penting karena identifikasi yang tepat pada proyek berisiko tinggi membantu manajer proyek memfokuskan sumber daya dan upaya mitigasi yang lebih efektif.

Dengan precision 85.7%, manajer proyek dapat cukup yakin bahwa sebagian besar proyek yang diklasifikasikan sebagai risiko tinggi memang membutuhkan perhatian khusus.

Pengaruh Precision Terhadap Implementasi Sistem: Precision yang cukup tinggi (85.7%) menunjukkan bahwa aturan fuzzy yang diterapkan dalam sistem efektif dalam mendeteksi risiko tinggi berdasarkan faktor ketidakpastian teknis, anggaran, atau jadwal.

Precision ini juga mengindikasikan bahwa sistem pakar memiliki kecenderungan minimal untuk mengklasifikasikan proyek sebagai berisiko tinggi tanpa alasan yang kuat, sehingga sistem dapat membantu mencegah over-allocation dari sumber daya untuk mitigasi yang tidak diperlukan. Secara keseluruhan, precision 85.7% untuk kategori risiko tinggi menunjukkan bahwa sistem pakar mampu memberikan prediksi yang cukup akurat dalam mendeteksi risiko tinggi, yang sangat berguna dalam pengelolaan proyek TI yang membutuhkan mitigasi risiko yang cepat dan efisien.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar berbasis metode Fuzzy Logic untuk mengidentifikasi risiko proyek teknologi informasi. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pakar ini mampu mengidentifikasi tingkat risiko proyek dengan akurasi total sebesar 87%, yang menunjukkan bahwa sistem ini cukup andal dan sesuai dengan penilaian dari pakar risiko. Precision untuk kategori risiko tinggi mencapai 85.7%, mengindikasikan bahwa sistem secara akurat dapat mengidentifikasi proyek-proyek yang memerlukan perhatian lebih karena memiliki risiko yang signifikan.

Implementasi metode Fuzzy Logic terbukti efektif dalam menangani data yang tidak pasti dan subjektif, seperti faktor ketidakpastian teknis, keterbatasan anggaran, keterlambatan jadwal, dan ketersediaan sumber daya. Sistem ini memberikan kelebihan dalam fleksibilitas dan ketepatan, memungkinkan manajer proyek untuk memperoleh wawasan awal tentang risiko yang mungkin muncul, sehingga dapat mengambil langkah mitigasi yang lebih tepat waktu dan efisien. Secara keseluruhan, sistem pakar ini dapat menjadi alat bantu yang bermanfaat bagi pengelola proyek teknologi informasi untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko secara lebih terstruktur. Penggunaan metode Fuzzy Logic dalam sistem pakar membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penyesuaian aturan fuzzy yang lebih kompleks atau integrasi dengan data real-time untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan identifikasi risiko.

REFERENSI

- Elfani, E. (2023). *Penerapan Sistem Pakar Mendiagnosa Karakteristik Penyalahgunaan Narkoba Berbasis Web*.
- G, N., & J, K. (2024). Performance comparison between PID and Fuzzy logic controllers for the hardware implementation of traditional high voltage DC-DC boost converter. *Heliyon*, 10(17), e36750. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E36750>

-
- Ismail, R., Surejo, S., & Septiana, P. (2022). Systematic Literature Review: Penerapan Metode Fuzzy Logic Dalam Sistem Pakar. *Indonesian Journal of Informatics and Research*, 3(2), 47–53. <https://journal.peradaban.ac.id/index.php/ijir/article/view/1219>
- Labolo, I., Gobel, C. Y., Ali, S., Isla, M., & Kulu, R. Y. (2024). Analisis Penerapan Logika Fuzzy Pada Sistem Diagnosis Infeksi Saluran Pernapasan Akut Berbasis Android. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 5(1), 285–294. <https://doi.org/10.30865/KLIK.V5I1.2014>
- Maged, N. A., Hasanien, H. M., Ebrahim, E. A., Tostado-Véliz, M., Turkey, R. A., & Jurado, F. (2023). Optimal Real-time implementation of fuzzy logic control strategy for performance enhancement of autonomous microgrids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 151, 109140. <https://doi.org/10.1016/J.IJEPES.2023.109140>
- Napitu, P. (2024). *Penerapan Sistem Pakar Berbasis Web untuk Diagnosa Gangguan Kehamilan pada Wanita*.
- Nishanth, F. P., Dash, S. K., & Mahapatro, S. R. (2024). Critical study of type-2 fuzzy logic control from theory to applications: A state-of-the-art comprehensive survey. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 10, 100771. <https://doi.org/10.1016/J.PRIME.2024.100771>
- Phoemphon, S., So-In, C., & Niyato, D. (Tao). (2018). A hybrid model using fuzzy logic and an extreme learning machine with vector particle swarm optimization for wireless sensor network localization. *Applied Soft Computing*, 65, 101–120. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2018.01.004>
- Serrano-Guerrero, J., Romero, F. P., & Olivas, J. A. (2021). Fuzzy logic applied to opinion mining: A review. *Knowledge-Based Systems*, 222, 107018. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2021.107018>
- Thakkar, H., Shah, V., Yagnik, H., & Shah, M. (2021). Comparative anatomization of data mining and fuzzy logic techniques used in diabetes prognosis. *Clinical EHealth*, 4, 12–23. <https://doi.org/10.1016/J.CEH.2020.11.001>
- Zadeh, L. A. (2009). *Fuzzy Logic*. 19–49. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2628-3_234