REKAYASA
Journal of Science and Technology
https://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa

REKAYASA19(1): 2026 pp.118-133
ISSN: 0216-9495 (Print)
ISSN: 2502-5325 (Online)

Penilaian Risiko Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno: Studi Kasus Infrastruktur Perkotaan

Niko Panangian Malau [1*], Almuntofa Purwantoro[2] dan Rudi Waluyo[3]
[1,2,3] Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Indonesia
*email: nikomalau414@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v19i1.34064
Submitted April, 13th 2026, Accepted May, 5th 2026, Published May, 11th 2026

Abstrak

Proyek konstruksi memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi sehingga berpotensi menimbulkan risiko yang memengaruhi waktu, biaya, dan mutu pelaksanaan proyek. Analisis risiko diperlukan untuk mengetahui tingkat risiko serta menentukan respon penanganan yang tepat pada proyek pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH), Jembatan Penyeberangan Orang (JPO), dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko, menilai tingkat risiko menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno, serta menganalisis respon risiko pada proyek tersebut. Kontribusi penelitian ini adalah penerapan metode Fuzzy Sugeno untuk menghasilkan penilaian risiko yang lebih sistematis dan terukur pada proyek infrastruktur perkotaan. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada enam responden ahli. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 31 risiko yang teridentifikasi, dengan tingkat risiko terdiri atas 7 risiko kategori rendah, 17 risiko kategori sedang, 4 risiko kategori tinggi, dan 3 risiko kategori sangat tinggi. Berdasarkan tingkat risiko tersebut, dilakukan respon risiko terhadap risiko dominan melalui peningkatan pengawasan, review desain, dan koordinasi proyek guna mengurangi dampak risiko terhadap pelaksanaan proyek konstruksi.

Kata kunci: *Fuzzy Logic*, Manajemen Risiko, Risiko Konstruksi

Construction Project Risk Assessment Using the Fuzzy Sugeno Method: A Case Study of Urban Infrastructure

Abstract

Construction projects have a high level of uncertainty, potentially creating risks that affect the time, cost, and quality of project implementation. Risk analysis is needed to determine the level of risk and determine the appropriate handling response for the construction project of Green Open Space (RTH), Pedestrian Bridge (JPO), and parking area in the Palangka Raya Big Roundabout area. This study aims to identify risks, assess the risk level using the Sugeno Fuzzy Inference System (FIS) method, and analyze the risk response in the project. The contribution of this study is the application of the Sugeno Fuzzy method to produce a more systematic and measurable risk assessment in urban infrastructure projects. Data collection was carried out through the distribution of questionnaires to six expert respondents. The results showed that there were 31 identified risks, with risk levels consisting of 7 low category risks, 17 medium category risks, 4 high category risks, and 3 very high category risks. Based on these risk levels, risk responses were carried out to the dominant risks through increased supervision, design reviews, and project coordination to reduce the impact of risks on the implementation of the construction project.

Keywords: *Fuzzy Logic, Risk Management, Construction Risk*

© 2026 Authors

PENDAHULUAN

Sektor konstruksi merupakan aktivitas yang memiliki risiko tinggi dalam pelaksanaan proyeknya, dengan berbagai konsekuensi seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan penurunan kualitas hasil

konstruksi (Gustian et al., 2024). Risiko dapat bersumber dari faktor internal seperti kesalahan metode kerja, keterlambatan pelaksanaan, dan keterbatasan kemampuan tenaga kerja, maupun faktor eksternal seperti kondisi cuaca, lingkungan, dan sosial ekonomi. Jika risiko-risiko ini tidak dikelola secara efektif, maka konsekuensinya dapat berupa keterlambatan pekerjaan, pembengkakan biaya, serta penurunan kualitas hasil konstruksi (Agusman, Prasetya & Purba, 2021). Oleh karena itu, manajemen risiko menjadi elemen krusial dalam pengendalian proyek guna mengantisipasi permasalahan sejak dini dan meminimalkan dampak negatifnya.

Dalam penelitian terkait manajemen risiko proyek konstruksi di Kota Palangka Raya telah dilakukan dan menunjukkan bahwa risiko masih menjadi faktor krusial yang memengaruhi keberhasilan pelaksanaan proyek. (Januar Amin Priambudi, Veronika Happy Puspasari, Waluyo Nuswantoro, 2023) Menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek pembangunan Kejaksaan Tinggi Provinsi Kalimantan Tengah dengan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) dan menemukan bahwa risiko tertinggi terdapat pada pekerjaan struktur bawah dan arsitektur, terutama yang berkaitan dengan potensi kecelakaan kerja di lapangan. Sementara itu, (Iriani et al., 2024) meneliti identifikasi risiko pada proyek konstruksi di Kota Palangka Raya dan menyimpulkan bahwa faktor cuaca serta keterlambatan pasokan material menjadi penyebab utama gangguan terhadap waktu pelaksanaan dan biaya proyek. Selanjutnya, (Baponzel et al., 2025) menganalisis risiko K3 dengan metode HAZOP (Hotel Z Palangka Raya) dan ditemukan 8 risiko tinggi, 11 sedang, dan 2 rendah. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa berbagai risiko masih sering muncul pada proyek konstruksi di Palangka Raya dan perlu dianalisis secara lebih mendalam dengan metode yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian kondisi lapangan.

Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH), Jembatan Penyeberangan Orang (JPO), dan Tempat Parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya (Lanjutan) dipilih sebagai lokasi penelitian karena aktivitas konstruksi di kawasan tersebut menunjukkan tingkat risiko yang cukup tinggi. Pada pembangunan Bundaran Besar Palangka Raya tahap pertama, ditemukan enam risiko dominan, antara lain pekerja jatuh dari ketinggian, kabel *crane* putus saat pengangkatan, tangan pekerja terluka akibat penggunaan alat berat, material jatuh menimpa pekerja, serta lemahnya pengawasan dan penerapan prosedur keselamatan kerja K3 (Nur et al., 2024). Proyek ini juga merupakan salah satu proyek strategis daerah dengan nilai kontrak Rp43,749,200,000,00 yang dilaksanakan oleh PT Surya Sarana Sentosa. Nilai biaya yang besar tersebut menunjukkan bahwa proyek ini memiliki potensi risiko yang tinggi, sehingga diperlukan proses manajemen risiko yang komprehensif dan terencana untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya permasalahan selama pelaksanaan proyek.

Berbagai metode telah digunakan untuk menganalisis risiko pada proyek konstruksi, di antaranya *Severity Index*, *Risk Matrix*, dan *Fuzzy Logic*. Metode *Severity Index* umumnya hanya melakukan perhitungan melalui perkalian antara skor probabilitas dan dampak (S × I), sehingga hasil tingkat risikonya masih bersifat samar karena hanya berupa persentase. Metode *Risk Matrix* juga memiliki keterbatasan karena penentuan tingkat risiko dilakukan melalui perkalian antara skor probabilitas dan dampak (P × D) untuk menghasilkan nilai risiko yang kemudian ditempatkan ke dalam matriks kategori risiko. Sementara itu, *Fuzzy Logic* dipilih karena lebih detail dalam mengolah ketidakpastian. Metode ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk mengubah kategori linguistik menjadi nilai matematis, menunjukkan derajat keanggotaan suatu nilai dalam beberapa kategori sekaligus, kemudian menggunakan metode Sugeno untuk menghitung nilai akhir rata-rata berbobot dari probabilitas dan dampak sehingga menghasilkan nilai yang lebih detail dan mencerminkan kontribusi masing-masing aturan *fuzzy* dalam menentukan tingkat risiko (Rahakbauw et al., 2022).

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa penerapan metode *Fuzzy Logic* dalam analisis risiko konstruksi mampu memberikan tingkat akurasi yang detail dari metode lainnya. Penelitian yang dilakukan (Rosani et al., 2020) yang menerapkan *Fuzzy Logic* pada proyek Grand Sungkono Lagoon di Surabaya menunjukkan bahwa metode ini mampu mengklasifikasikan tingkat risiko secara lebih objektif dan fleksibel terhadap ketidakpastian data lapangan. Namun, penelitian tersebut masih menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani yang memiliki keterbatasan pada bagian output karena menghasilkan himpunan *fuzzy* yang perlu melalui proses defuzzifikasi dan cenderung memberikan nilai yang lebih umum. Selanjutnya, (Wijaya, 2020) mengombinasikan metode HIRADC dengan *Fuzzy Logic Toolbox* pada MATLAB untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja, namun penelitian ini berfokus pada risiko industri dan bukan konstruksi secara menyeluruh.

Selain itu, (Astuti et al., 2024) menggunakan metode *Fuzzy* FMEA untuk menganalisis risiko pekerjaan *erection* jembatan kereta api dan menemukan bahwa risiko tertinggi terjadi pada tahap pengangkatan struktur, namun penelitian ini hanya fokus pada aspek K3 dan belum mencakup risiko teknis lainnya. Penelitian oleh (Fahlevi et al., 2019) juga menegaskan pentingnya *expert judgement* dalam validasi indikator risiko konstruksi sebagai dasar penilaian yang representatif.

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian di bidang manajemen risiko konstruksi di Indonesia masih menggunakan metode deterministik seperti *Severity Index* dan HIRADC yang memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakpastian data lapangan. Selain itu, kajian penerapan metode *Fuzzy Logic* pada proyek konstruksi publik di luar Pulau Jawa, khususnya di Provinsi Kalimantan Tengah, masih sangat terbatas. Penelitian terkait risiko pada proyek RTH, JPO, dan Tempat Parkir di kawasan Bundaran Besar Palangka Raya belum pernah dilakukan sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam penerapan metode analisis risiko yang lebih adaptif terhadap karakteristik proyek daerah dan ketidakpastian di lapangan. Pendekatan *Fuzzy Logic* seperti *Sugeno Fuzzy Inference System* (FIS) dinilai dapat menghasilkan analisis risiko yang lebih representatif, terutama untuk kasus data yang kabur atau tidak pasti (Rosani et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini diarahkan untuk melengkapi kesenjangan tersebut dengan menerapkan metode *fuzzy* Sugeno untuk menghasilkan tingkat risiko dalam bentuk nilai numerik yang lebih terukur dan aplikatif. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi indikator risiko serta menganalisis tingkat risiko berdasarkan probabilitas dan dampak menggunakan metode *fuzzy* Sugeno pada proyek pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya (lanjutan).

Kontribusi penelitian ini adalah memberikan analisis tingkat risiko proyek konstruksi menggunakan metode Fuzzy Sugeno yang mampu menghasilkan nilai risiko secara lebih terukur berdasarkan probabilitas dan dampak risiko. Penelitian ini juga memberikan penerapan metode Fuzzy Sugeno pada proyek pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya sebagai upaya mendukung pengendalian risiko proyek konstruksi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH), Jembatan Penyeberangan Orang (JPO), dan tempat parkir yang berlokasi di Jl. Kapten Piere Tendean No. 21, Kelurahan Palangka, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, menggunakan metode *fuzzy logic* Sugeno. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis tingkat risiko pada objek penelitian.

Metode *fuzzy Logic* dipilih karena mampu memodelkan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan dalam proses penilaian risiko, sehingga menghasilkan analisis yang lebih akurat dan representatif. Dalam analisis risiko konvensional, tingkat risiko umumnya diperoleh dari perkalian antara probabilitas dan dampak. Namun, pendekatan tersebut bersifat deterministik dan kurang mampu merepresentasikan kondisi nyata yang bersifat ambigu. Sebagai contoh, nilai probabilitas sebesar 4,53 tidak dapat secara tegas dikategorikan sebagai "sering" atau "sangat sering", melainkan berada di antara kedua kategori tersebut. Oleh karena itu, logika *fuzzy* digunakan untuk mengakomodasi ambiguitas dengan mengubah nilai tegas *(crisp)* menjadi derajat keanggotaan dalam beberapa kategori sekaligus.

Metode *fuzzy* Sugeno digunakan karena mampu menghasilkan output berupa nilai tegas (*crisp output)* yang mudah diinterpretasikan dalam pengambilan keputusan, serta memiliki proses komputasi yang lebih sederhana dan efisien (Rahakbauw et al., 2022).

Data dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder, Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang dibagikan kepada responden untuk menilai probabilitas dan dampak risiko menggunakan skala 1 sampai 5. Data sekunder yaitu studi literatur serta dokumentasi proyek, seperti struktur organisasi proyek dan referensi terkait manajemen risiko konstruksi.

Jumlah subjek pada penelitian ini adalah enam orang yang mencakup *Project Manager, Engineer*, Pelaksana Lapangan, Pengawas Lapangan, *Quality Control,* dan *HSE Engineer*. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu metode pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti, sehingga responden yang terpilih memiliki kompetensi dan pengalaman yang sesuai dengan objek penelitian (Sugiyono, 2019), dan juga pemilihan responden didasarkan pada keterlibatan langsung dalam pelaksanaan proyek sehingga dianggap memiliki kompetensi dalam menilai risiko di lapangan.

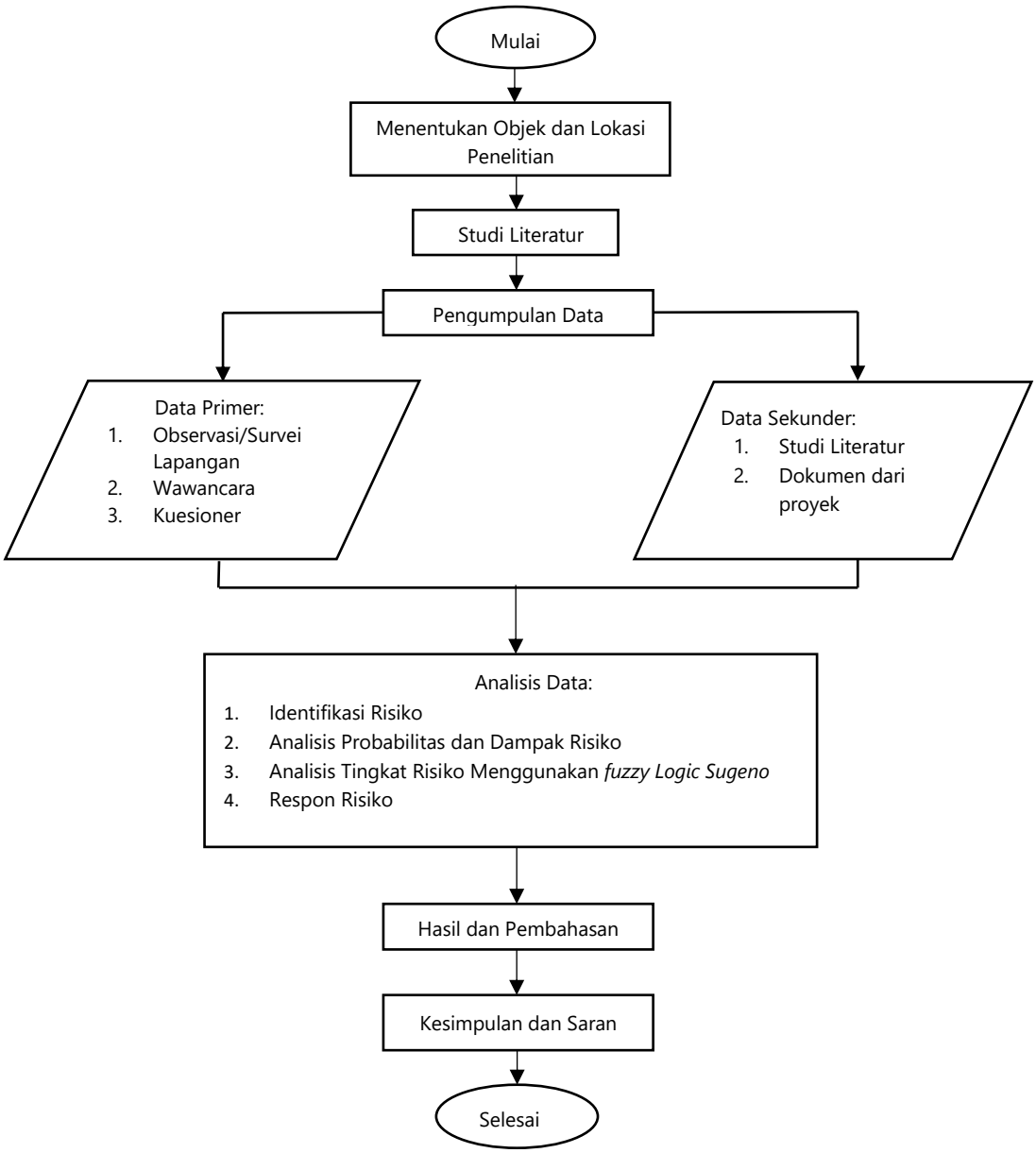
Penilaian risiko didasarkan pada dua parameter utama, yaitu probabilitas dan dampak. Skala probabilitas digunakan untuk mengukur tingkat kemungkinan terjadinya risiko, dengan kriteria: 1 = sangat jarang, 2 = jarang, 3 = cukup sering, 4 = sering, dan 5 = sangat sering. Skala dampak digunakan untuk mengukur tingkat konsekuensi risiko, dengan kriteria: 1 = sangat kecil, 2 = kecil, 3 = sedang, 4 = besar, dan 5 = sangat besar.

Tahapan penelitian mengacu pada proses manajemen risiko yaitu identifikasi risiko, analisis risiko, dan mitigasi risiko. Tahap identifikasi dilakukan dengan mengumpulkan indikator risiko dari studi literatur yang relevan, kemudian divalidasi oleh *project manager* agar sesuai dengan kondisi proyek. Tahap analisis dilakukan dengan menilai probabilitas dan dampak risiko berdasarkan hasil kuesioner responden. Tahap penilaian dilakukan menggunakan metode *fuzzy* Sugeno untuk memperoleh tingkat risiko secara kuantitatif.

Pengolahan data diawali dengan menghitung nilai rata-rata (mean) dari setiap indikator menggunakan persamaan (Sugiyono, 2019):

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:
$\bar{x}$ adalah nilai rata-rata
x_i adalah nilai dari masing-masing responden
n adalah jumlah responden



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahap selanjutnya adalah fuzzifikasi, yang mengubah nilai tegas *(crisp)* menjadi nilai linguistik menggunakan fungsi keanggotaan, yaitu keanggotaan segitiga (*triangular membership function*). Fungsi ini dipilih karena sederhana, mudah digunakan, dan mampu merepresentasikan perubahan nilai secara linier. Fungsi keanggotaan dirumuskan sebagai:yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \le x \le b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \le x \le c \\ 0, & x \ge c \end{cases} \quad \text{.....(2)}$$

di mana a, b, dan c merupakan parameter fungsi keanggotaan, serta x adalah nilai input berupa probabilitas atau dampak. Tahap berikutnya adalah pembentukan aturan (*rule base*) *IF–THEN* berdasarkan kombinasi antara probabilitas dan dampak untuk menentukan tingkat risiko. Tahap terakhir adalah proses inferensi menggunakan

metode *fuzzy logic* Sugeno. Nilai output dihitung menggunakan metode rata-rata berbobot (*weighted average*) dengan persamaan sebagai berikut:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i z_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad \text{.....(3)}$$

di mana z adalah nilai output (tingkat risiko), w_i adalah bobot dari setiap aturan, dan z_i adalah nilai keluaran dari masing-masing aturan. Hasil perhitungan berupa nilai tegas (*crisp output*) yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko pada setiap indikator yang dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Risiko

Data risiko yang berpotensi muncul diperoleh melalui kuesioner pendahuluan yang disusun berdasarkan hasil studi literatur terkait indikator risiko proyek konstruksi. Penentuan relevansi risiko dilakukan dengan mengkaji apakah suatu indikator risiko memiliki potensi untuk terjadi atau pernah terjadi pada proyek yang sedang berlangsung maupun yang telah dilaksanakan. Indikator risiko dinyatakan relevan apabila sesuai dengan kondisi lapangan, sedangkan indikator yang tidak sesuai dengan kondisi proyek dinyatakan tidak relevan (Fahlevi et al., 2019). Proses validasi indikator risiko dalam penelitian ini dilakukan melalui *expert judgement* oleh *project manager*. Pemilihan *project manager* sebagai responden didasarkan pada perannya yang memiliki pemahaman menyeluruh terhadap pelaksanaan proyek serta pengalaman dalam mengidentifikasi dan mengelola risiko konstruksi. Berdasarkan hasil validasi, diperoleh sebanyak 31 indikator risiko yang dinyatakan relevan dari total 50 indikator, yang selanjutnya digunakan dalam tahap analisis risiko menggunakan metode *fuzzy logic* Sugeno, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Risiko Pada Proyek

NO	Indikator	Referensi	Relevan	Tidak Relevan	Keterangan
RISIKO DESAIN & TEKNOLOGI					
1	Adanya Perubahan desain	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
2	Data desain tidak lengkap	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
3	Kesalahan pada saat desain	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
RISIKO MATERIAL & PERALATAN					
4	Kerusakan Material dilapangan	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
5	Kenaikan Harga Material	(Gustian et al., 2024)	✓		Relevan
6	Keterlambatan Pengiriman Material	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
7	Material tidak sesuai spesifikasi	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
8	Kurangnya Perawatan Alat	(Situmorang et al., 2025)		✓	Tidak Relevan
9	Pengiriman volume material dan tipe tidak tepat	(Rosani et al., 2020)	✓		Relevan
10	Rusaknya perlengkapan dan peralatan mesin proyek	(Yayah Sopiyah, 2020)	✓		Relevan
11	Ketersediaan material	(Maharani et al., 2022)	✓		Relevan
12	Kelebihan penggunaan material	(Gustian et al., 2024)	✓		Relevan
13	Pencurian material	(Gustian et al., 2024)		✓	Tidak Relevan
14	Peralatan tidak lengkap	(Gustian et al., 2024)	✓		Relevan
15	Peralatan yang sudah tidak layak	(Gustian et al., 2024)	✓		Relevan
16	Kesalahan penempatan peralatan	(Gustian et al., 2024)	✓		Relevan
RISIKO TENAGA KERJA					
17	Kekurangan tenaga kerja	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
18	Produktivitas tenaga kerja yang rendah	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
19	Pemogokan Tenaga Kerja	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan

NO	Indikator	Referensi	Relevan	Tidak Relevan	Keterangan
20	Terjadi kecelakaan akibat kelalaian/tidak disiplin pekerja	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
21	Kelelahan Akibat Banyaknya Pekerjaan yang dilakukan secara lembur	(Situmorang et al., 2025)		✓	Tidak Relevan
22	Pekerja yang tidak menggunakan APD saat bekerja	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
23	Perselisihan Pekerja	(Afiq, 2021)	✓		Relevan
RISIKO LINGKUNGAN					
24	Sulitnya akses masuk bagi alat berat	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
25	Keterlambatan pekerjaan akibat kondisi cuaca	(Rosani et al., 2020)	✓		Relevan
26	Demo / ketidakpuasan masyarakat	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
27	Dampak buruk yang terjadi terhadap lingkungan di sekitar proyek	(Gustian et al., 2024)		✓	Tidak Relevan
RISIKO MANAJEMEN					
28	Kurangnya koordinasi dalam tim proyek	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
29	Kesalahan estimasi biaya	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
30	Kesalahan estimasi waktu	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
31	Adanya staff yang kurang berpengalaman	(Yayah Sopiyah, 2020)		✓	Tidak Relevan
32	Kinerja sub kontraktor yang buruk	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
33	Tidak lengkapnya laporan harian	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
34	Tingkat disiplin manajemen yang rendah	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
35	Rumitnya masalah perijinan dan regulasi dalam pelaksanaan kegiatan proyek	(Johari & Fazriani, 2021))		✓	Tidak Relevan
36	Adanya konflik internal dalam manajemen proyek	(Johari & Fazriani, 2021)	✓		Relevan
37	Kurangnya pengalaman manajer proyek	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
RISIKO PELAKSANAAN					
38	Kondisi Tanah Tidak Stabil	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
39	Metode Pelaksanaan yang Salah	(Rosani et al., 2020)	✓		Relevan
40	Kesalahan pada survey	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
41	Pekerjaan Ulang	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan
42	Runtuhnya Dinding Penahan Tanah	(Situmorang et al., 2025)		✓	Tidak Relevan
RISIKO *FORCE MAJEURE*					
43	Gempa Bumi	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
44	Banjir	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
45	Tanah Longsor	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
46	Kebakaran	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
47	Perang	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
48	Ledakan	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
49	Badai	(Johari & Fazriani, 2021)		✓	Tidak Relevan
50	Cuaca Tidak Menentu	(Situmorang et al., 2025)	✓		Relevan

Data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengisian kuesioner yang telah melalui tahap validasi, sehingga diperoleh sebanyak 31 indikator risiko yang dinyatakan relevan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data risiko proyek yang relevan

N0	RISIKO PROYEK
A	**RISIKO DESAIN DAN TEKNOLOGI**
A1	Perubahan desain
A2	Data desain tidak lengkap
A3	Kesalahan pada saat desain
B	**RISIKO MATERIAL & PERALATAN**
B1	Kerusakan Material dilapangan
B2	Kenaikan Harga Material
B3	Keterlambatan Pengiriman Material
B4	Material tidak sesuai spesifikasi
B5	Pengiriman volume material dan tipe tidak tepat
B6	Rusaknya perlengkapan dan peralatan mesin proyek
B7	Ketersediaan material
B8	Kelebihan penggunaan material
B9	Peralatan tidak lengkap
B10	Peralatan yang sudah tidak layak
B11	Kesalahan penempatan peralatan
C	**RISIKO TENAGA KERJA**
C1	Kekurangan tenaga kerja
C2	Produktivitas tenaga kerja yang rendah
C3	Terjadi kecelakaan akibat kelalaian/tidak disiplin pekerja
C4	Pekerja yang tidak menggunakan APD saat bekerja
C5	Perselisihan Pekerja
D	**RISIKO LINGKUNGAN**
D1	Keterlambatan pekerjaan akibat kondisi cuaca
E	**RISIKO MANAJEMEN**
E1	Kurangnya koordinasi dalam tim proyek
E2	Kesalahan estimasi waktu
E3	Kesalahan estimasi biaya
E4	Tidak lengkapnya laporan harian
E5	Tingkat disiplin manajemen yang rendah
E6	Adanya konflik internal dalam manajemen proyek
F	**RISIKO PELAKSANAAN**
F1	Kondisi Tanah Tidak Stabil
F2	Metode Pelaksanaan yang Salah
F3	Kesalahan pada survey
F4	Pekerjaan Ulang
G	**RISIKO FORCE MAJEURE**
G1	Cuaca Tidak Menentu

Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai probabilitas dan dampak risiko. Penilaian probabilitas menggunakan Tabel 3 dan penilaian dampak menggunakan Tabel 4 dengan skala penilaian 1 sampai 5. Nilai dari masing-masing responden selanjutnya dihitung rata-ratanya untuk setiap indikator risiko. Nilai rata-rata tersebut digunakan sebagai input dalam proses analisis menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno. Skala pengukuran probabilitas adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Keterangan skala probabilitas terjadinya risiko

No	Probabilitas Terjadinya	Keterangan
1	Sangat Jarang (SJ)	x < 2 kali dalam 1 tahun
2	Jarang (J)	2 < x ≤ 5 kali dalam 1 tahun
3	Cukup (C)	6 < x ≤ 9 kali dalam 1 tahun
4	Sering (S)	10 < x ≤ 12 kali dalam 1 tahun
5	Sangat Sering (SS)	x > 12 kali dalam 1 tahun

Sumber : (Permen PUPR No. 4, 2021)

Tabel 4. Keterangan Skala pengukuran Dampak Risiko

Nilai	Potensi Dampak	Dampak terhadap biaya proyek	Dampak terhadap waktu
1	Sangat Kecil (SK)	Kenaikan biaya < 1%	Tidak ada keterlambatan yang berarti
2	Kecil (K)	Kenaikan biaya antara 1% - 10%	Penyelesaian terlambat < 3 bulan
3	Sedang (S)	Kenaikan biaya antara 10% - 20%	Penyelesaian terlambat 3 bulan
4	Besar (B)	Kenaikan biaya antara 20% - 50%	Penyelesaian terlambat > 3 bulan
5	Sangat Besar(SB)	Kenaikan biaya > 50%	Penyelesaian terlambat melampaui tahun anggaran

Sumber :(Permen PUPR No. 4, 2021)

Analisis tingkat risiko dilakukan menggunakan matriks risiko 5 × 5 dengan mengacu pada Tabel 5. Matriks analisis risiko tersebut digunakan untuk menentukan kategori tingkat risiko berdasarkan kombinasi nilai probabilitas dan dampak risiko. Hasil kombinasi kedua parameter tersebut menghasilkan tingkat risiko yang disajikan pada Tabel 6 dan diklasifikasikan ke dalam kategori sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas penanganan risiko pada proyek konstruksi. Karena penentuan tingkat risiko pada penelitian ini menggunakan metode average (rata-rata), maka diperlukan nilai batas risiko sebagai dasar dalam mengklasifikasikan hasil tingkat risiko ke dalam kategori sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 5. Matriks Risiko Probabilitas dan Dampak

MATRIKS ANALISIS RISIKO 5 x 5			Tingkat Dampak				
			1	2	3	4	5
			Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Tingkat Kemungkinan	5	Sangat Sering	11	15	18	23	25
	4	Sering	6	12	16	19	24
	3	Cukup	4	8	14	17	22
	2	Jarang	2	7	10	13	21
	1	Sangat Jarang	1	3	5	9	20

Sumber: (Permen PUPR No. 4, 2021)

Tabel 6. Tingkat Risiko

Level Risiko	Besaran Risiko	Nilai Batas	Warna
Sangat Tinggi (5)	20 s.d 25	25	Merah
Tinggi (4)	16 s.d 19 is	20	Orange
Sedang (3)	11 s.d 15	16	Kuning
Rendah (2)	6 s.d 10	11	Hijau Muda
Sangat Rendah (1)	1 s.d 5	6	Hijau Tua

Sumber : (Permen PUPR No. 4, 2021)

Hasil penyebaran kuesioner kepada responden, diperoleh nilai rata-rata probabilitas dan dampak untuk setiap indikator risiko. Penilaian probabilitas menggambarkan tingkat kemungkinan terjadinya suatu risiko, sedangkan penilaian dampak menunjukkan besarnya pengaruh atau konsekuensi yang ditimbulkan apabila risiko tersebut terjadi . Nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan sebagai input dalam proses analisis risiko menggunakan metode Fuzzy Sugeno, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7.

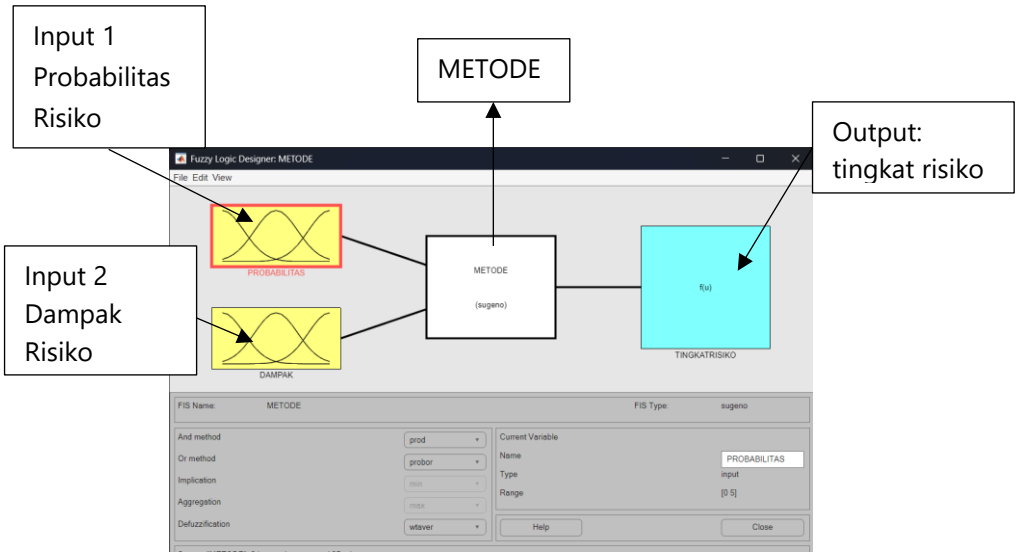
Tabel 7. Nilai rata-rata probabilitas dan dampak

Kode	Nilai rata rata		Kode	Nilai rata rata	
	Probabilitas	Dampak		Probabilitas	Dampak
A1	3,83	4,33	C3	1,67	2,83
A2	1,17	3,17	C4	3,67	4,17
A3	1,67	3,00	C5	1,00	2,00
B1	1,00	3,67	D1	4,33	4,17
B2	1,00	3,17	E1	2,33	3,33
B3	1,33	2,83	E2	1,33	2,00
B4	1,50	2,83	E3	1,33	2,83
B5	1,00	2,67	E4	1,17	1,33
B6	3,50	3,67	E5	1,00	1,00
B7	1,67	2,83	E6	1,00	1,33
B8	3,67	4,17	F1	1,67	3,17
B9	1,00	3,00	F2	2,67	4,00
B10	1,00	1,17	F3	1,00	2,83
B11	1,00	1,00	F4	3,17	4,00
C1	1,00	2,67	G1	2,33	2,50
C2	3,50	3,67			

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hasil Analisis Fuzzy Logic Sugeno

Analisis risiko dilakukan menggunakan metode *fuzzy Logic* Sugeno menggunakan bantuan aplikasi Matlab 2025b melalui beberapa tahapan, yaitu fuzzifikasi, pembentukan aturan *(rule base),* Mesin inferensi dan Defuzzifikasi. Pada tahap fuzzifikasi, nilai rata-rata probabilitas dan dampak diubah ke dalam bentuk nilai linguistik menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Selanjutnya, dilakukan pembentukan aturan *(rule base)* berdasarkan kombinasi antara probabilitas dan dampak untuk menentukan tingkat risiko, Mesin inferensi adalah proses ketika sistem mengolah nilai input *fuzzy* dengan menggunakan aturan *IF–THEN* yang sudah dibuat. Tahap Defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode Sugeno dengan pendekatan rata-rata berbobot *(weighted average),* sehingga menghasilkan nilai output berupa tingkat risiko dalam bentuk nilai tegas *(crisp output). Membership function* terdiri dari data input Probabilitas dan dampak risiko, *rule base* sebagai aturan dasar aplikasi dan data output berupa *rule viewer* nilai tingkat risiko, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Membership function* pada aplikasi Matlab 2025b

Setelah dilakukan pengolahan data dan analisis menggunakan metode *fuzzy logic* Sugeno dengan bantuan aplikasi MATLAB, diperoleh hasil untuk masing-masing indikator tingkat risiko sebagaimana disajikan pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Hasil Penilaian Tingkat risiko pada proyek

Kode	INDIKATOR RISIKO	Tingkat Risiko (Matlab)	KATEGORI
D1	Keterlambatan pekerjaan akibat kondisi cuaca	23,2	Sangat Tinggi
A1	Perubahan desain	22,5	Sangat Tinggi
C4	Pekerja yang tidak menggunakan APD saat bekerja	21,5	Sangat Tinggi
A3	Kesalahan pada saat desain	19,7	Tinggi
F4	Pekerjaan Ulang	19,5	Tinggi
C2	Produktivitas tenaga kerja yang rendah	19,2	Tinggi
F2	Metode pelaksanaan yang salah	18,2	Tinggi
E1	Kurangnya koordinasi dalam tim proyek	15,8	Sedang
G1	Cuaca Tidak Menentu	15,3	Sedang
B6	Rusaknya perlengkapan dan peralatan mesin proyek	15,1	Sedang
B1	Kerusakan Material di lapangan	14,7	Sedang
B5	Pengiriman volume material dan tipe tidak tepat	14,7	Sedang
F1	Kondisi Tanah Tidak Stabil	14,7	Sedang
C3	Terjadi kecelakaan akibat kelalaian/tidak disiplin pekerja	13,6	Sedang
B7	Ketersediaan material	13,6	Sedang
A2	Data desain tidak lengkap	13,4	Sedang
B4	Material tidak sesuai spesifikasi	13,1	Sedang
B2	Kenaikan harga material	12,7	Sedang
E3	Kesalahan estimasi biaya	12,6	Sedang
B9	Peralatan tidak lengkap	12,0	Sedang
B8	Kelebihan penggunaan material	11,3	Sedang
F3	Kesalahan pada survey	11,3	Sedang
E2	Kesalahan estimasi waktu	11,2	Sedang
B3	Keterlambatan pengiriman material	11,2	Sedang
C1	Kekurangan tenaga kerja	10,7	Rendah
E4	Tidak lengkapnya laporan harian	10,7	Rendah

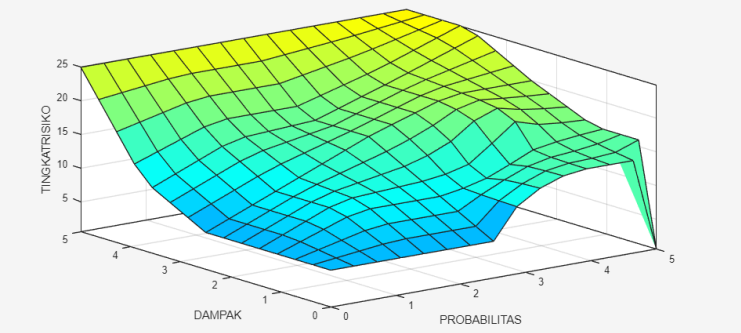
Kode	INDIKATOR RISIKO	Tingkat Risiko (Matlab)	KATEGORI
E6	Konflik internal dalam manajemen proyek	10,0	Rendah
C5	Perselisihan pekerja	10,0	Rendah
B11	Kesalahan penempatan peralatan	9,92	Rendah
B10	Peralatan yang sudah tidak layak	9,74	Rendah
E5	Tingkat disiplin manajemen yang rendah	9,2	Rendah

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil analisis, terdapat beberapa risiko yang termasuk dalam kategori tinggi dan sangat tinggi. Risiko kategori tinggi berada pada area berwarna oranye, yaitu A3, F4, C2, dan F2, sedangkan kategori sangat tinggi berada pada area berwarna merah, yaitu D1, A1, dan C4. Kode risiko kategori tinggi dan sangat tinggi tersebut dapat dilihat pada Tabel 9. Risiko-risiko tersebut menjadi prioritas utama dalam pengendalian dan mitigasi karena memiliki tingkat kemungkinan dan dampak yang besar terhadap pelaksanaan proyek pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH), Jembatan Penyeberangan Orang (JPO), dan tempat parkir.

Tabel 9. Matriks Tingkat Risiko Probabilitas dan Dampak terjadinya Risiko di proyek pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH), Jembatan Penyeberangan Orang (JPO), dan tempat parkir

MATRIKS ANALISIS RISIKO 5 x 5			Tingkat Dampak 1 Sangat Kecil	2 Kecil	3 Sedang	4 Besar	5 Sangat Besar
Tingkat Kemungkinan	5	Sangat Sering	B8,F3,E2,B3	E1,G1,B6	F2	D1	-
	4	Sering	-	B2,E3,B9	-	A3,F4,C2	-
	3	Cukup	-	-	B1,B5,F1	-	A1
	2	Jarang	-	-	C1,E4,E6,C5	C3,B7,A2,B4	C4
	1	Sangat Jarang	-	-	-	B11,B10,E5	-



Gambar 4. Visualisasi hubungan probabilitas dan dampak terhadap tingkat risiko menggunakan metode *fuzzy* Sugeno

Gambar 4 menunjukkan *surface view* yang dihasilkan dari perangkat lunak MATLAB, yang menunjukkan hubungan antara probabilitas dan dampak terhadap tingkat risiko menggunakan metode *fuzzy* Sugeno. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin tinggi nilai probabilitas dan dampak, maka tingkat risiko yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Visualisasi ini menunjukkan bahwa kedua indikator input memiliki pengaruh signifikan terhadap penentuan tingkat risiko dalam analisis

Pembahasan

Hasil identifikasi risiko menunjukkan bahwa dari 50 indikator yang dikaji, sebanyak 31 indikator dinyatakan relevan dan digunakan dalam proses analisis menggunakan metode *fuzzy* Sugeno. Indikator-indikator tersebut mencakup berbagai aspek risiko dalam pelaksanaan proyek konstruksi, yang meliputi: (1) risiko desain dan teknologi, (2) risiko material dan peralatan, (3) risiko tenaga kerja, (4) risiko lingkungan, (5) risiko manajemen, (6) risiko pelaksanaan, dan (7) risiko force majeure. Hal ini menunjukkan bahwa proyek pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya memiliki karakteristik risiko yang beragam, sebagaimana yang juga ditemukan pada penelitian (Gustian et al., 2024) yang mengidentifikasi risiko pada proyek konstruksi perumahan di Kota Palangka Raya.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode fuzzy Sugeno, diperoleh empat kategori tingkat risiko yang muncul pada proyek, yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, yaitu: keterlambatan pekerjaan akibat kondisi cuaca (D1) dengan nilai 23,2 perubahan desain (A1) dengan nilai 22,5 dan pekerja yang tidak menggunakan APD saat bekerja (C4) dengan nilai 21,5. Ketiga risiko ini memiliki nilai probabilitas dan dampak yang tinggi sehingga menghasilkan tingkat risiko yang paling tinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (Iriani et al., 2024) yang menyatakan bahwa faktor cuaca merupakan salah satu penyebab utama gangguan proyek konstruksi, serta (Januar Amin Priambudi, Veronika Happy Puspasari, Waluyo Nuswantoro, 2023) dan (Baponzel et al., 2025) yang menemukan bahwa risiko keselamatan kerja merupakan risiko paling signifikan pada proyek konstruksi.

Terdapat empat indikator risiko dengan tingkat tinggi, yaitu: kesalahan pada saat desain (A3) dengan nilai 19,7 pekerjaan ulang (F4) dengan nilai 19,5 produktivitas tenaga kerja yang rendah (C2) dengan nilai 19,2 dan metode pelaksanaan yang salah (F2) dengan nilai 18,2. Keempat indikator ini menunjukkan bahwa aspek perencanaan dan pelaksanaan teknis menjadi sumber risiko yang perlu mendapat perhatian serius. Kesalahan desain yang berulang dan rendahnya produktivitas tenaga kerja dapat berdampak langsung pada keterlambatan penyelesaian proyek dan pembengkakan biaya, sebagaimana dikemukakan oleh (Gustian et al., 2024).

Sebagian besar indikator risiko, yaitu sebanyak 17 indikator, berada pada kategori sedang dengan nilai antara 11,2 hingga 15,8. Indikator-indikator tersebut meliputi kurangnya koordinasi dalam tim proyek, cuaca tidak menentu, rusaknya perlengkapan dan peralatan mesin proyek, kerusakan material di lapangan, pengiriman volume material dan tipe yang tidak tepat, kondisi tanah tidak stabil, terjadinya kecelakaan akibat kelalaian atau ketidakdisiplinan pekerja, ketersediaan material, data desain tidak lengkap, material tidak sesuai spesifikasi, kenaikan harga material, kesalahan estimasi biaya, peralatan tidak lengkap, kelebihan penggunaan material, kesalahan pada survei, kesalahan estimasi waktu, serta keterlambatan pengiriman material.

Pada kategori rendah terdapat 7 indikator risiko, yaitu kekurangan tenaga kerja (10,7), tidak lengkapnya laporan harian (10,7), konflik internal dalam manajemen proyek (10,0), perselisihan pekerja (10,0), kesalahan penempatan peralatan (9,92), peralatan yang sudah tidak layak (9,74), dan tingkat disiplin manajemen yang rendah (9,2). Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat risiko pada proyek pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya didominasi oleh kategori sedang, namun tetap terdapat beberapa risiko kategori tinggi dan sangat tinggi yang memerlukan prioritas utama dalam pengendalian dan mitigasi risiko.

Penggunaan metode *fuzzy* Sugeno dalam penelitian ini terbukti mampu menghasilkan penilaian risiko yang lebih terukur dan kuantitatif dibandingkan pendekatan konvensional yang hanya mengandalkan perkalian probabilitas dan dampak secara deterministik. Metode *fuzzy* Sugeno menghasilkan output berupa nilai crisp yang presisi untuk setiap indikator risiko, sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan. Keunggulan ini juga ditegaskan oleh (Rahakbauw et al., 2022) yang menyatakan bahwa metode Sugeno menghasilkan output numerik yang lebih stabil dan mudah diinterpretasikan dibandingkan metode Mamdani. (Rosani et al., 2020) juga menyimpulkan bahwa logika *fuzzy* mampu menghasilkan klasifikasi risiko yang lebih objektif dibandingkan metode konvensional.

Respon Risiko

Analisis risiko yang telah dilakukan menghasilkan 7 indikator risiko dengan kategori tinggi dan sangat tinggi yang memerlukan penanganan segera. Indikator-indikator risiko tersebut kemudian ditunjukkan kepada responden pada proyek pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya untuk mengetahui respon risiko yang dilakukan terhadap risiko dominan tersebut. Hasil wawancara mengenai penyebab terjadinya risiko dan respon risiko dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Respon Risiko Terhadap Waktu dan Biaya

Indikator Risiko	Jenis Respon Risiko	Penyebab	Respon Risiko
Perubahan Desain	Mitigate & (Escalate)	Perubahan kebutuhan dari pemilik proyek, ketidaksesuaian kondisi lapangan dengan gambar rencana	Melakukan review desain secara berkala bersama pihak terkait serta memastikan pembaruan gambar kerja tersedia di lapangan
Kesalahan pada saat Desain	Mitigate & (Escalate)	Revisi gambar kerja yang berulang dan ketidaksesuaian dengan kondisi lapangan.	Melakukan pengecekan dan evaluasi menyeluruh terhadap gambar kerja sebelum pelaksanaan
Produktivitas tenaga kerja yang rendah	Mitigate & (Escalate)	Kurangnya keterampilan dan pengalaman tenaga kerja	Mengoptimalkan pengaturan waktu kerja serta meningkatkan pengawasan di lapangan.
Pekerja tidak menggunakan APD	Mitigate & (Escalate)	Rendahnya kesadaran terhadap keselamatan kerja	Melakukan sosialisasi K3, menyediakan APD lengkap, serta menerapkan pengawasan dan sanksi
Keterlambatan pekerjaan akibat cuaca	Mitigate & (Escalate)	Curah hujan tinggi dan kondisi cuaca yang tidak menentu	Melakukan penyesuaian jadwal kerja dan memantau kondisi cuaca secara berkala
Metode pelaksanaan yang salah	Mitigate & (Escalate)	Kurangnya pemahaman metode kerja dan pengawasan	Memberikan arahan metode kerja sebelum pelaksanaan serta meningkatkan pengawasan oleh tenaga ahli
Pekerjaan ulang	Mitigate & (Escalate)	Kesalahan pelaksanaan dan kurangnya koordinasi.	Melakukan briefing rutin serta memastikan kesesuaian pekerjaan dengan gambar kerja

Sumber : Hasil Wawancara

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 31 risiko yang teridentifikasi pada proyek pembangunan RTH, JPO, dan tempat parkir di Kawasan Bundaran Besar Palangka Raya yang terbagi dalam beberapa kategori, yaitu desain dan teknologi, material dan peralatan, tenaga kerja, lingkungan, manajemen, pelaksanaan, serta force majeure. Berdasarkan analisis menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) Sugeno, tingkat risiko terdiri dari 7 risiko kategori rendah, 17 risiko kategori sedang, 4 risiko kategori tinggi, dan 3 risiko kategori sangat tinggi, serta tidak ditemukan risiko dengan kategori sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa risiko pada kategori tinggi dan sangat tinggi memerlukan penanganan prioritas. Respon risiko terhadap risiko dominan didominasi oleh strategi mitigasi (Mitigate) dan eskalasi (Escalate) melalui tindakan pengendalian serta pengambilan keputusan oleh pihak berwenang. Adapun strategi Avoid, transfer, dan Accept tidak menjadi pilihan utama karena sebagian besar risiko masih dapat dikendalikan dan perlu ditangani secara langsung dalam pelaksanaan proyek.

Saran untuk penelitian ini adalah bahwa hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi dalam penelitian berikutnya, khususnya dalam analisis risiko proyek konstruksi dengan menggunakan metode Fuzzy Logic tipe Sugeno serta pengembangan kombinasi metode lain seperti FMEA untuk memperoleh hasil yang lebih optimal.

Peneliti selanjutnya agar menggunakan variabel risiko yang lebih beragam dan disesuaikan dengan kondisi di lapangan agar hasil analisis menjadi lebih komprehensif. Penambahan matriks tingkat risiko juga disarankan untuk mengetahui kecenderungan posisi risiko pada kuadran tertentu sehingga memudahkan dalam penentuan prioritas penanganan risiko.

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, risiko dengan tingkat tinggi dan sangat tinggi dapat menjadi perhatian utama bagi pihak pelaksana proyek sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengendalian proyek ke depan. Oleh karena itu, koordinasi antara pihak pelaksana dan pengawas perlu ditingkatkan agar pelaksanaan proyek dapat berjalan lebih efektif serta meminimalisir potensi terjadinya risiko dalam proyek konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

Afiq, M. (2021). Manajemen Risiko pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Mahasiswa UIN Walisongo Tahun 2021. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *3*(1), 2715–7296. https://doi.org/10.37058/aks.v3i1.3561

Agusman, Prasetya, H. B., & Purba, H. H. (2021). Tinjauan dan Analisis Risiko dalam Proyek Konstruksi Bangunan : Studi Literatur. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, *19*, 95–106. https://doi.org/10.52330/jtm.v19i2.29

Astuti, S. W., Nurjanah, M. U., & Nurhadi, M. (2024). Analisis Risiko Pekerjaan Erection Jembatan Kereta Api Menggunakan Metode Fuzzy FMEA. *Jurnal Komposit*, *8*(1), 163–170. https://doi.org/10.32832/komposit.v8i1.15165

Baponzel, A. R., Puspasari, V. H., & Waluyo, R. (2025). Analisis Tingkat Risiko Bahaya K3 Pada Pemanfaatan Bangunan Dengan Metode Hazard Operability Study (HAZOP) (Studi Kasus : Hotel Z Palangka Raya). *Jurnal Basement*, *3*(1), 68–79. https://doi.org/10.36873/basement.v3i1.20355

Fahlevi, A. E., Safaria, F., & Susetyaningsih, A. (2019). Analisis Manajemen Risiko Pelaksanaan Proyek Konstruksi. *Jurnal Konstruksi*, *17*(1), 28–36. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.17-1.663

Gustian, G., Dewantoro, D., & Puspasari, V. H. (2024). Analisis Risiko pada Proyek Konstruksi Perumahan di Kota Palangka Raya. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, *16*(2), 194. http://dx.doi.org/10.30811/portal.v16i2.5045

Iriani, N., Puspasari, V. H., & Gawei, A. B. P. (2024). Identifikasi Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi Pembangunan Duta Mall Palangka Raya. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, *16*(2), 98. http://dx.doi.org/10.30811/portal.v16i2.5301

Januar Amin Priambudi, Veronika Happy Puspasari, Waluyo Nuswantoro, A. P. (2023). Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Hiradc (Studi Kasus : Pembangunan/Rehabilitasi Gedung Kejaksaan Tinggi Provinsi Kalimantan Tengah). *Jurnal Civil Engineering Study*, *03*(2), 88–97. https://doi.org/10.34001/JCES

Johari, G. J., & Fazriani, R. R. (2021). Analisis Manajemen Risiko Pelaksanaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*, *19*(2), 430–439. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-2.923

Maharani, S. A., Sari, S., As, M., & Saputro, A. P. (2022). Analisis Risiko Pada Proyek Konstruksi Perumahan Dengan Metode House of Risk (HOR) (Studi Kasus : Proyek Konstruksi Perumahan PT ABC). *Journal Of Integrated System*, *5*(September 2021), 16–26. https://doi.org/10.28932/jis.v5i1.3996

Nur, L., Azzahra, A., Marlina, S., & Putro, D. S. (2024). Analisis Risiko K3 Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment dan Risk Control Pada Proyek Pembangunan Bundaran Kota Palangka Raya. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, *13*(02), 98–106. https://doi.org/10.20527/jtb.v13i2.287

Permen PUPR No. 4. (2021). *Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 04/SE/M/2021 tentang Pedoman Penerapan Manajemen Risiko di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.

Rahakbauw, D. L., Afriananda, A., Patty, H. W. M., Fmipa, M., Pattimura, U., Putuhena, J. I. M., & Indonesia, A. (2022). Perbandingan Logika Fuzzy Metode Sugeno dan Metode Mamdani untuk Deteksi Dini Penyakit Stroke. *Pure and Applied Mathematics Journal*, *3*(1), 11–22. https://doi.org/10.30598/tensorvol3iss1pp11-22

Rosani, D. P., Dhokhikah, Y., & Trisiana, A. (2020). Analisis Risiko Teknis Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus pada Proyek Grand Sungkono Lagoon, Surabaya). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, *4*(1), 40–50. https://doi.org/10.19184/jrsl.v4i1.9328

Situmorang, R., Arsyad, M., Sari, O. L., & Saputra, A. A. I. (2025). Manajemen Risiko Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan dengan Metode Severity Index. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, *8*(1), 53–65. https://doi.org/10.14710/potensi.2025.24650

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Wijaya, S. (2020). Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode Hiradc dan Penentuan Risk Ranking dengan menggunakan Pendekatan Fuzzy Logic di PT. XYZ. *Scientifict Journal of Industrial Engineering*, *1*(2), 78–81.

Yayah Sopiyah, A. S. (2020). Analisis dan Respon Risiko pada Proyek Konstruksi Gedung. *Construction and Material Journal*, *2*(1), 2625–625. https://doi.org/10.32722/cmj.v2i1.2757