

Penerapan Fuzzy Logic Dalam Analisis Keterlambatan Proyek Konstruksi Pada Pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang

Riyan Maulana Putra^{1*}, Lila Ayu Ratna Winanda, Vega Aditama, Annur Ma'ruf

¹Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Sigura - Gura No.2, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,

Jawa Timur 65152

*riyanp11223344@gmail.com

ABSTRAK

Keterlambatan proyek konstruksi merupakan persoalan yang kompleks karena tidak hanya berdampak pada jadwal pelaksanaan, tetapi juga menimbulkan konsekuensi finansial serta memengaruhi kualitas hasil pekerjaan. Penelitian ini berfokus pada upaya mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan Fuzzy Logic, karena mampu mengakomodasi ketidakpastian serta subjektivitas dalam data lapangan. Data penelitian diperoleh melalui wawancara dan kuesioner yang disampaikan kepada pihak-pihak yang terlibat langsung dalam proyek. Selanjutnya, data tersebut dianalisis menggunakan sistem fuzzy dengan bantuan perangkat lunak MATLAB R2023b untuk menentukan tingkat pengaruh masing-masing faktor. Hasil penelitian menunjukkan dengan kategori faktor biaya adalah sedang (6), kategori faktor material adalah sedang (7), serta kategori faktor pekerja adalah rendah (3), kategori faktor persetujuan owner adalah sedang (7), kategori faktor desain adalah sedang (7), kategori faktor manajemen adalah rendah (3), kategori faktor eksternal adalah rendah (4), maka menyebabkan pelaksanaan proyek yang ditinjau mengalami cukup terlambat (5).

Kata kunci : Analisis Faktor, keterlambatan proyek, fuzzy logic, manajemen konstruksi

ABSTRACT

Construction project delays are a complex issue since they not only affect the project schedule but also lead to financial consequences and impact the quality of the final work. This study aims to identify the factors contributing to the delay of the Garuda Nusantara Hotel construction project in Malang. The research method employed is descriptive quantitative with a Fuzzy Logic approach, as it is capable of accommodating uncertainty and subjectivity in field data. Data were collected through interviews and questionnaires distributed to parties directly involved in the project. The data were then analyzed using a fuzzy system with the assistance of MATLAB R2023b software to determine the level of influence of each delay factor. The findings indicate that the worker factor is categorized as low (3), the management factor as low (3), and the external factor as low (4). These results collectively show that the project under review falls into the category of moderately delayed (5).

Keywords: factor analysis, project delay, fuzzy logic, construction management

1. PENDAHULUAN

Keterlambatan proyek konstruksi merupakan salah satu permasalahan klasik yang sering dihadapi dalam industri konstruksi. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada peningkatan biaya dan mundurnya jadwal penyelesaian, tetapi juga menurunkan kualitas pekerjaan serta menimbulkan kerugian bagi pemilik maupun kontraktor. Dampak keterlambatan bahkan dapat meluas ke aspek sosial dan ekonomi, seperti terhambatnya pemanfaatan fasilitas serta berkurangnya peluang kerja bagi masyarakat sekitar. (Ajayi & Chinda, 2022). Berbagai penelitian sebelumnya telah mengungkap faktor penyebab keterlambatan proyek, antara lain keterlambatan pengadaan material, perubahan desain, manajemen proyek yang kurang efektif, hingga faktor eksternal seperti cuaca dan regulasi. Namun, sebagian besar studi masih menggunakan metode kuantitatif konvensional yang cenderung kurang mampu menangkap ketidakpastian dan subjektivitas kondisi lapangan. (Latif, 2023) (Marle & Vidal, 2015)

Dalam pelaksanaan pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang, proyek ini mengalami keterlambatan dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan. Kondisi tersebut menuntut adanya analisis yang lebih komprehensif untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang berperan terhadap keterlambatan. Metode Fuzzy Logic dipilih karena memiliki kemampuan dalam mengonversi data kualitatif berbasis linguistik, seperti “rendah”, “sedang”, dan “tinggi”, menjadi informasi kuantitatif yang lebih terstruktur. Melalui penerapan sistem inferensi fuzzy dengan bantuan perangkat lunak MATLAB R2023b, penelitian ini diarahkan untuk menelaah faktor-faktor yang paling berpengaruh, antara lain manajemen proyek, ketersediaan material, serta kompetensi tenaga kerja, yang diperkirakan memberikan kontribusi terbesar terhadap keterlambatan proyek. (Račić, 2018) (WINANDA et al., 2020) (Challal & Tkiouat, 2012)

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor keterlambatan proyek serta menjadi dasar pertimbangan dalam menyusun strategi pengendalian waktu yang lebih efektif pada proyek konstruksi sejenis. (Rauzana et al., 2022)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan fenomena keterlambatan proyek secara sistematis berdasarkan data numerik yang diperoleh dari responden. Menurut (Sugiyono, 2020), penelitian kuantitatif deskriptif digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan fenomena yang diteliti tanpa membuat generalisasi yang berlebihan.

Lokasi penelitian berada pada proyek Pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang yang mengalami keterlambatan dari jadwal rencana. Populasi penelitian mencakup seluruh pihak yang terlibat dalam pengelolaan proyek, sementara sampel dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yaitu pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai kriteria yang ditentukan (Sugiyono,

2020). Dalam hal ini, responden yang dipilih adalah lima orang tenaga ahli konstruksi dengan pengalaman minimal 5 tahun hingga 15 tahun, sehingga layak dijadikan narasumber untuk expert judgment.

Variabel penelitian disusun berdasarkan literatur terdahulu mengenai faktor keterlambatan proyek, meliputi aspek biaya, material, Pekerja, desain, persetujuan owner, manajemen, serta faktor eksternal. Data primer diperoleh melalui wawancara Setiap faktor tersebut dinilai oleh responden menggunakan skala 1 hingga 10, yang kemudian dikonversi ke dalam kategori linguistik fuzzy sebagai variabel input, yaitu “rendah,” “sedang,” dan “tinggi.” Hasil keluaran (output) dari proses ini ditetapkan dalam bentuk kategori “Terlambat,” “Cukup Terlambat,” dan “Cepat.”(Sen et al., 2017), sedangkan data sekunder berupa dokumen proyek, termasuk jadwal rencana dan realisasi.

Analisis data dilakukan dengan metode Fuzzy Logic, karena mampu menangani ketidakpastian dan subjektivitas data lapangan (Canesi & D’Alpaos, 2024). Tahapan analisis meliputi: (1) fuzzifikasi, merupakan tahap awal dalam sistem logika fuzzy yang digunakan untuk mentransformasikan data numerik (crisp input) menjadi data fuzzy melalui fungsi keanggotaan (Rindengan & Yohanes, 2019) (2) inferensi fuzzy tahap dalam sistem logika fuzzy yang berfungsi untuk memperoleh suatu keputusan atau kesimpulan dengan menggunakan aturan if-then yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada proses ini, hasil fuzzifikasi dari setiap variabel input digabungkan melalui kumpulan aturan (rule base), lalu diproses untuk menghasilkan output dalam bentuk fuzzy sebelum akhirnya diterjemahkan kembali pada tahap defuzzifikasi.(Chatterjee & Das, 2020) (3) defuzzifikasi yaitu proses mengubah hasil keluaran fuzzy yang masih berbentuk nilai linguistik menjadi nilai tegas (crisp output). Proses ini penting dilakukan agar keluaran dari inferensi fuzzy dapat dipahami dan diaplikasikan secara nyata dalam pengambilan keputusan. (J.ROSS, 2010) (4) interpretasi hasil untuk menentukan faktor dominan yang berpengaruh terhadap keterlambatan proyek. Proses ini dibantu dengan perangkat lunak MATLAB R2023b yang menyediakan Fuzzy Logic Toolbox sebagai sarana pemodelan. (Rindengan & Yohanes, 2019)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil wawancara kepada responden yang terlibat dalam proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang, diperoleh berbagai penilaian mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek. Responden yang terdiri dari pihak kontraktor, konsultan, dan tenaga kerja lapangan memberikan persepsi mereka terhadap tingkat pengaruh masing-masing faktor.

Tabel 1. Hasil Keseluruhan Penilaian Responden Garuda Nusantara Malanag

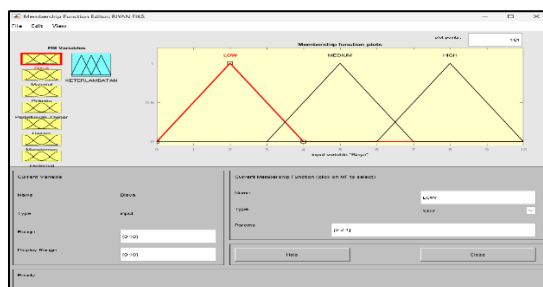
No	Kategori	Nilai
----	----------	-------

1	Biaya	6
2	Material	7
3	Pekerja	3
4	Persetujuan Owner	7
5	Desain	7
6	Manajemen	3
7	Eksternal	4

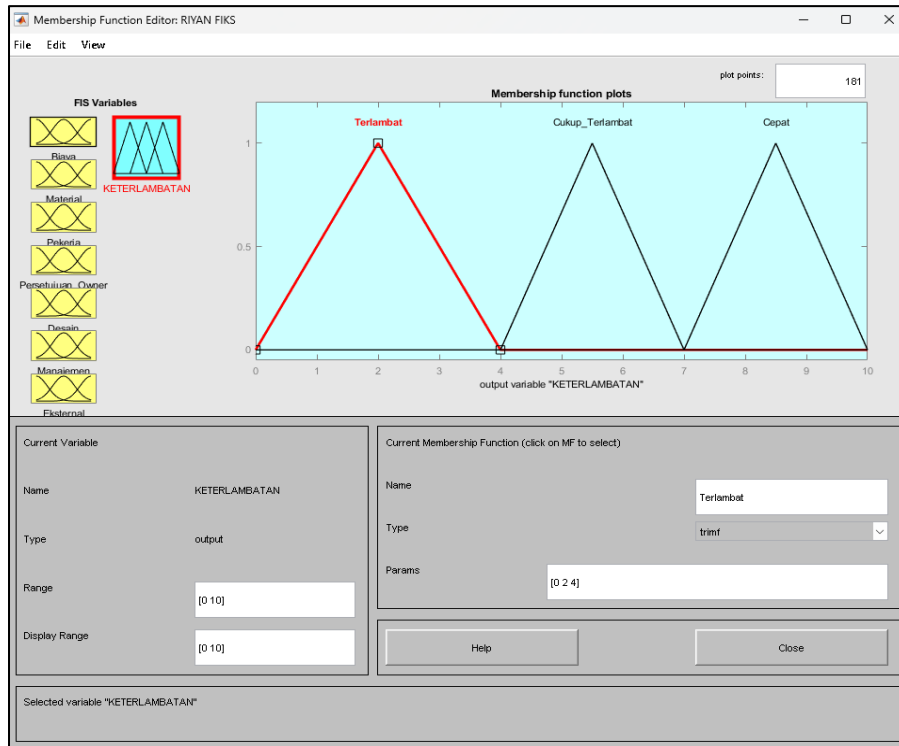
Dalam sistem logika fuzzy, proses pengendalian data terdiri atas tiga komponen utama, yakni ruang input, kotak hitam (black box) sebagai pemroses, serta ruang output. Tahapan ini dimulai dengan pengolahan melalui FIS Editor, yang berfungsi untuk mendefinisikan serta memasukkan variabel input dan output penelitian. Pada tahap ini, setiap variabel input dikategorikan ke dalam fungsi keanggotaan linguistik, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. Sementara itu, variabel output disusun dengan bentuk fungsi keanggotaan yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Setelah fungsi keanggotaan terbentuk, tahap berikutnya adalah proses inferensi fuzzy, yakni penyusunan aturan (rule base) yang menghubungkan variabel input dengan output. Dalam penelitian ini, diperoleh sebanyak 2187 aturan, yang disusun secara manual berdasarkan hasil pengelompokan nilai ranking dari setiap kategori (Gambar 3). Penyusunan aturan ini sangat penting karena menjadi inti dari sistem fuzzy, di mana kombinasi kondisi input akan menentukan keluaran berupa tingkat keterlambatan proyek.

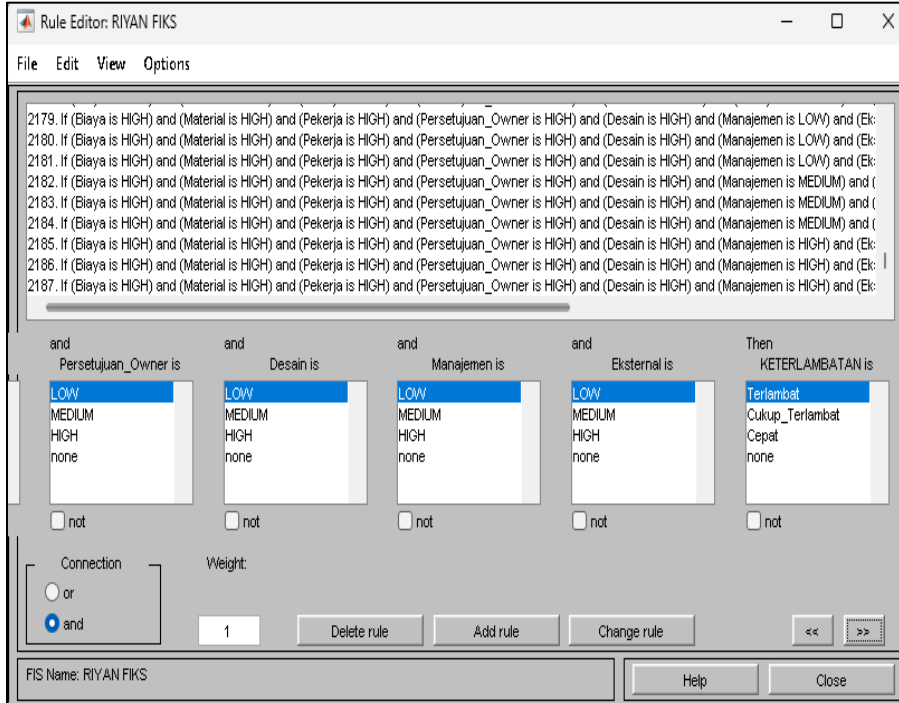
Dengan adanya tahapan ini, sistem fuzzy tidak hanya mampu mengakomodasi variasi data yang bersifat subjektif, tetapi juga memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai hubungan antar faktor penyebab keterlambatan. Proses inferensi yang dilakukan memungkinkan penelitian ini menghasilkan model analisis yang dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam mengelola proyek, khususnya pada pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang. Dengan demikian, model fuzzy yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi referensi praktis untuk memprediksi dan meminimalisir keterlambatan proyek di masa mendatang.



Gambar 1. Membership Function Input Variabel Biaya



Gambar 2. Membership Function Output Variabel Keterlambatan



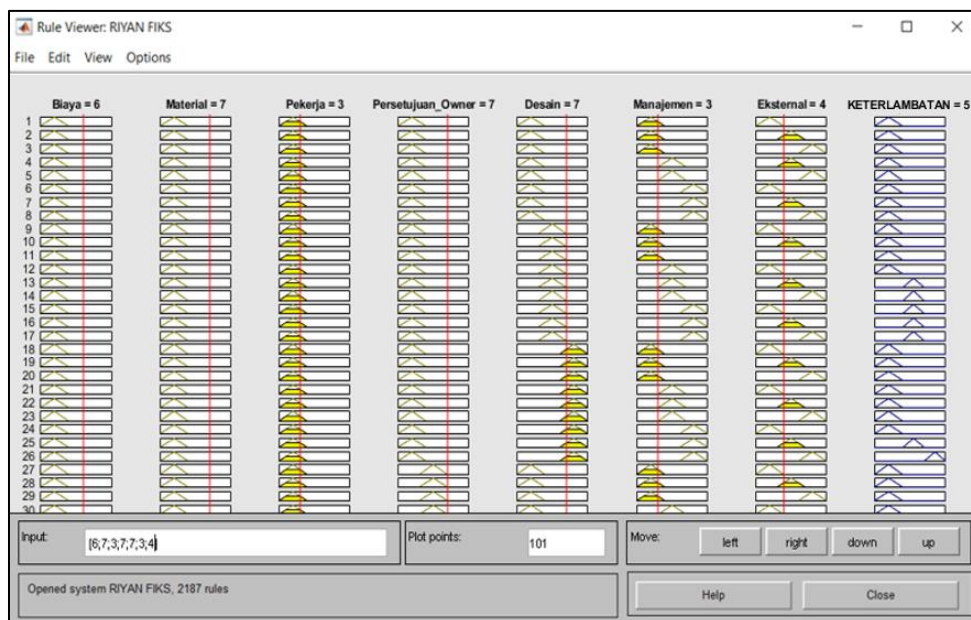
Gambar 3. Rule Editor

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil defuzzifikasi, diperoleh nilai pada kategori Biaya sebesar 6 yang termasuk dalam kategori (Medium). Hal ini disebabkan oleh beberapa permasalahan, antara lain keterlambatan dalam perhitungan biaya, ketidakstabilan pembayaran upah, serta kondisi keuangan internal kontraktor yang kurang baik. Pada kategori Material, juga diperoleh nilai 7 (Medium) yang dipengaruhi oleh pengadaan material yang kurang efisien, kualitas bahan yang tidak sesuai spesifikasi, adanya kenaikan harga material tertentu, serta ketidaksesuaian material yang digunakan.

Untuk kategori Pekerja, nilai yang diperoleh adalah 3 (Low), dikarenakan jumlah tenaga kerja yang tidak selalu memadai, kompetensi yang kurang optimal, munculnya konflik antarpekerja, serta rendahnya motivasi dan disiplin kerja. Selanjutnya, pada kategori Persetujuan Owner diperoleh nilai 7 (Medium), yang disebabkan oleh lamanya proses persetujuan, lambatnya pengambilan keputusan, serta adanya revisi atau perubahan dari pihak owner. Demikian pula, kategori Desain mendapatkan nilai 7 (Medium), yang dipengaruhi oleh perubahan desain di tengah proyek, kesulitan pemahaman desain oleh pekerja, dan kesalahan pada desain awal.

Sementara itu, kategori Manajemen juga memperoleh nilai 3 (Low), yang dipicu oleh efektivitas perencanaan yang belum optimal, koordinasi lapangan yang kurang konsisten, serta lemahnya pengawasan. Terakhir, kategori Eksternal nilai (4) berada pada tingkat (Low), dengan penyebab utama perizinan yang tidak selalu berjalan lancar serta efisiensi koordinasi lapangan yang dipengaruhi faktor eksternal. Dari keseluruhan hasil tersebut, output akhir yang diperoleh adalah nilai 5,5, yang menunjukkan bahwa proyek berada pada kategori “Cukup Terlambat.”



Gambar 4. Hasil Hotel Garuda Nusantara Malang Dalam Analisis Keterlambatan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang dengan metode fuzzy logic. Analisis yang dilakukan menggunakan metode fuzzy logic berbantuan MATLAB R2023b memperlihatkan bahwa dari hasil penilaian responden, kategori biaya memperoleh hasil Medium (6), material hasil Medium (7), pekerja Low (3),

persetujuan owner Medium (7), desain Medium (7), manajemen Rendah (3), dan faktor eksternal Rendah (4). Kombinasi nilai tersebut menghasilkan output keterlambatan memperoleh hasil Cukup Terlambat (5). Hal ini menandakan bahwa meskipun proyek masih dapat dikendalikan, terdapat potensi keterlambatan yang signifikan apabila permasalahan pada setiap faktor tidak segera diantisipasi. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa metode fuzzy logic efektif dalam memodelkan serta mensimulasikan keterlambatan proyek yang bersifat kompleks dan sarat dengan ketidakpastian. Dengan pendekatan ini, faktor-faktor yang dinilai subjektif oleh responden dapat diterjemahkan ke dalam bentuk analisis yang lebih sistematis, sehingga memberikan gambaran yang lebih realistis bagi pengelola proyek dalam mengambil keputusan strategis untuk meminimalisir keterlambatan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis menggunakan fuzzy logic pada aplikasi Programing MATLAB R2023b, di dapatkan dari penilaian responden menunjukkan faktor biaya pada kategori sedang (6), faktor material pada kategori sedang (7), faktor pekerja pada kategori rendah (3), faktor persetujuan owner pada kategori sedang (7), faktor desain pada kategori sedang (7), faktor manajemen pada kategori rendah (3), faktor eksternal pada kategori rendah (4), didapatkan output pada kategori Cukup Terlambat (5). Bagi penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan dengan mengambil beberapa proyek sebagai pembanding dan bisa menambah dari faktor-faktor keterlambatan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan apresiasi kepada para penyedia jasa konstruksi yang terlibat dalam pelaksanaan proyek, serta kepada para informan yang dengan penuh kesediaan memberikan data dan informasi yang relevan serta akurat guna mendukung kelancaran penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Ajayi, B. O., & Chinda, T. (2022). Impact of Construction Delay-Controlling Parameters on Project Schedule: DEMATEL-System Dynamics Modeling Approach. *Frontiers in Built Environment*, 8(February), 1–18.

<https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.799314>

Canesi, R., & D'Alpaos, C. (2024). A Fuzzy Logic Application to Manage Construction-Cost Escalation. *Buildings*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/buildings14093015>

Challal, A., & Tkiouat, M. (2012). Qualitative Approach Risk Period in Construction Projects. *Journal of Financial Risk Management*, 01(03), 42–51. <https://doi.org/10.4236/jfrm.2012.13008>

- Chatterjee, S., & Das, A. (2020). A novel systematic approach to diagnose brain tumor using integrated type-II fuzzy logic and ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) model. *Soft Computing*, 24. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04635-7>
- J.ROSS, T. (2010). *Fuzzy Logic With Engineering Application*.
- Latif, M. (2023). Analyzing the Key Factors Contributing to Project Delays in the Construction Industry: A Comprehensive Study. *Journal of Development and Social Sciences*, 4(III). [https://doi.org/10.47205/jdss.2023\(4-iii\)85](https://doi.org/10.47205/jdss.2023(4-iii)85)
- Marle, F., & Vidal, L. A. (2015). Managing Complex, High Risk Projects: A Guide to Basic and Advanced Project Management. *Managing Complex, High Risk Projects: A Guide to Basic and Advanced Project Management*, December 2016, 1–273. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6787-7>
- Račić, Ž. V. (2018). Fuzzification - Decision making in terms of uncertainty. *ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal*, 6(2), 87–94. <https://doi.org/10.2478/eoik-2018-0022>
- Rauzana, A., Zahrah, A., & Dharma, W. (2022). Critical delay factors for construction projects in Central Aceh District, Indonesia. *F1000Research*, 11, 1–33. <https://doi.org/10.12688/f1000research.110024.3>
- Rindengan, A. ., & Yohanes, A. . L. (2019). Sistem Fuzzy. In *Sistem Fuzzy*.
- Sen, D. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2017). Dominance based fuzzy decision support framework for g-resilient (ecosilient) supplier selection: an empirical modelling. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(6), 338–357. <https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1286410>
- Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.
- WINANDA, L. A. R., ARIFIN, A., ADI, T. W., ARROFIQI, F., & ANWAR, N. (2020). Development of fuzzy decision support system for accident prevention based on worker conditions and project environments. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(24), 4044–4060.