

ANALISIS PEMBAGIAN BEBAN PADA TEGANGAN AC DI KERETA PASSENGER COACH PT INKA (PERSERO) MENGGUNAKAN FUZZY DECISION MAKING**Muhammad Hilmy Wahyudi¹, Unit Three Kartini², Nur Hayati³, Tri Wrahatnolo⁴**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

muhamadhilmy.21066@mhs.unesa.ac.id, unitthree@unesa.ac.id, nurhayati@unesa.ac.id,
triwrahatnolo@unesa.ac.id**Abstract (English)**

The electrical system on a Passenger Coach train has various components with different power requirements. An imbalance in load distribution can cause energy inefficiency, operational disruption, and accelerate damage to electrical components. This research aims to analyze and optimize load distribution on AC voltage systems using the Fuzzy Decision Making (FDM) method to improve power efficiency and stability. This research focuses on four main components, namely room lamp, seat number lamp, toilet lamp, and signal lamp. With the FDM approach, the electrical load is analyzed based on the power consumption and resistance parameters of each component. The simulation results show that the application of this method is able to balance the load more optimally, reduce the risk of power overload, and improve the electrical system on the Passenger Coach train.

Article History

Submitted: 24 Mei 2025

Accepted: 27 Mei 2025

Published: 28 Mei 2025

Key Words

Load Sharing, AC Voltage, Passenger Coach, Fuzzy Decision Making, Energy Efficiency

Abstrak (Indonesia)

Sistem kelistrikan pada kereta Passenger Coach memiliki berbagai komponen dengan kebutuhan daya yang berbeda-beda. Ketidakseimbangan dalam pembagian beban dapat menyebabkan inefisiensi energi, gangguan operasional, serta mempercepat kerusakan komponen listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan distribusi beban pada sistem tegangan AC menggunakan metode Fuzzy Decision Making (FDM) guna meningkatkan efisiensi dan stabilitas daya. Penelitian ini berfokus pada empat komponen utama, yaitu room lamp, seat number lamp, toilet lamp, dan signal lamp. Dengan pendekatan FDM, beban listrik dianalisis berdasarkan parameter konsumsi daya dan resistansi masing-masing komponen. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan metode ini mampu menyeimbangkan beban secara lebih optimal, mengurangi risiko kelebihan daya, serta meningkatkan sistem kelistrikan pada kereta Passenger Coach.

Sejarah Artikel

Submitted: 24 Mei 2025

Accepted: 27 Mei 2025

Published: 28 Mei 2025

Kata Kunci

Pembagian Beban, Tegangan AC, Passenger Coach, Fuzzy Decision Making, Efisiensi Energi.

PENDAHULUAN

Pada sistem kelistrikan kereta penumpang (*passenger coach*), terdapat berbagai komponen yang memerlukan distribusi daya yang stabil dan efisien, termasuk lampu sinyal (*signal lamp*), lampu darurat (*emergency lamp*), lampu toilet (*toilet lamp*), dan lampu ruang penumpang (*room lamp*). Menurut penelitian yang dilakukan Mahmood, dkk (2020). Membahas penggunaan logika fuzzy dalam sistem manajemen energi. Sistem pencahayaan ini memainkan peran penting dalam menjaga keselamatan, kenyamanan, dan operasional kereta. Dengan tingginya permintaan listrik dari berbagai perangkat tersebut, pembagian beban listrik yang seimbang menjadi faktor penting untuk memastikan efisiensi energi dan mencegah gangguan operasional.

Pembagian beban yang tidak merata pada tegangan AC menyebabkan berbagai masalah dalam pembagian beban. Menurut Khan, dkk (2020). Pembagian beban dalam sistem tenaga listrik adalah proses mendistribusikan daya secara merata untuk memastikan efisiensi, stabilitas, dan keandalan sistem. Jika beban tidak dibagi dengan baik, dapat terjadi ketidakseimbangan yang menyebabkan peningkatan rugi daya, penurunan efisiensi, overloading, serta potensi kerusakan pada peralatan listrik. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang efisien untuk mengatur pembagian beban ini agar sistem bekerja secara optimal tanpa ada komponen yang menerima beban berlebih atau kekurangan suplai daya

Metode *Fuzzy Decision Making* (FDM), merupakan pendekatan salah satu pendekatan yang cocok untuk mengelola pembagian beban pada tegangan AC. Metode ini mampu menangani variabel yang tidak pasti, memberikan keputusan yang fleksibel, serta menyesuaikan distribusi daya berdasarkan perubahan kondisi operasional. Penerapannya sangat penting dalam sistem seperti kereta penumpang, di mana beban listrik terus berubah akibat faktor seperti jumlah penumpang, kecepatan, dan kondisi lingkungan. FDM memungkinkan sistem beradaptasi dengan perubahan tersebut, mengoptimalkan efisiensi energi, serta meningkatkan keandalan dan stabilitas sistem. Oleh karena itu, metode ini sangat direkomendasikan untuk pembagian beban listrik yang kompleks dan berfluktuasi.

KAJIAN PUSTAKA

A. Kereta Api

Kereta api merupakan bentuk transportasi rel yang terdiri dari serangkaian kendaraan yang ditarik sepanjang jalur kereta api untuk mengangkut kargo atau penumpang yang biasa disebut dengan gerbong. Gerbong ditarik oleh sekumpulan unit motor individu yang terpisah atau lokomotif. Kereta api yang populer umumnya sampai saat ini adalah kereta mesin uap, bentuk-bentuk modern yang paling umum adalah mesin diesel dan listrik lokomotif, yang ditambahkan oleh kabel overhead atau rel tambahan.

Rel kereta api biasanya terdiri dari dua, tiga atau empat rel, dengan beberapa jenis monorail dan guideways maglev. Kata 'train' berasal dari Bahasa Prancis Kuno *trahiner*, dari bahasa Latin *trahere* yang berarti 'tarik', menarik.

B. Kereta Pembangkit

Kereta pembangkit adalah gerbong khusus dalam rangkaian kereta api yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik untuk mendukung kebutuhan operasional seluruh rangkaian kereta. Umumnya, kereta pembangkit dilengkapi dengan mesin diesel dan generator yang menghasilkan listrik untuk memenuhi kebutuhan daya di kereta penumpang, seperti pencahayaan, pendingin udara (AC), sistem kelistrikan, dan peralatan elektronik lainnya. Komponen utama pada kereta pembangkit sendiri seperti mesin diesel di kereta pembangkit berfungsi sebagai penggerak utama yang menghasilkan daya mekanis. Dan generator dalam kereta pembangkit berfungsi mengubah daya mekanis dari mesin diesel menjadi tenaga listrik. Proses kerja generator pada kereta pembangkit mengikuti urutan berikut: Mesin diesel dihidupkan, dan bahan bakar dikonversi menjadi energi mekanik.

Energi mekanik ini digunakan untuk memutar rotor pada alternator atau generator. Alternator menghasilkan listrik dalam bentuk arus bolak-balik (AC).

C. Gerbong

Gerbong merupakan sarana kereta api tak berpenggerak yang dioperasikan untuk angkutan barang. Gerbong dijalankan menurut jenis barang yang hendak diangkut, akan tetapi semua gerbong dalam satu perusahaan biasanya memiliki standar yang sama pada tiap komponen misalnya alat perangkai dan kelengkapan lain, seperti selang rem angin, memungkinkan berbagai jenis gerbong untuk dirangkai menjadi kereta api. Tampak pada gambar 2.3 mengenai kereta passenger coach.

D. Motor AC Pada Kereta Api

Motor AC Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan sistem penggerak yang menggunakan frekuensi variabel untuk memperbaiki kinerja pengaturan kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena keandalannya dan lebih mudah perawatannya. Tampak pada gambar 2.4 mengenai motor AC. Motor yang digunakan dalam kereta pembangkit sendiri merupakan motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keunggulan

utama yang menjadikannya pilihan yang ideal dalam sistem kereta pembangkit: Seperti motor induksi tiga fasa dikenal tahan lama dan andal, terutama karena tidak memiliki sikat (brushless) atau komutator. Hal ini juga mengurangi kebutuhan perawatan dan meningkatkan umur pakai, yang sangat penting dalam operasional kereta yang sering beroperasi dalam waktu lama.

Jenis rotor yang digunakan dalam motor induksi tiga fasa dengan rotor sangkar tupai (squirrel cage rotor). Rotor jenis ini memiliki beberapa keuntungan, seperti daya tahan tinggi, konstruksi sederhana, dan kemampuan untuk bekerja dalam waktu lama tanpa risiko keausan pada bagian tertentu, yang membuatnya cocok untuk aplikasi transportasi

E. Tegangan AC Dalam Sistem Kelistrikan Kereta

Tegangan AC (Arus Bolak-Balik) adalah jenis tegangan yang umumnya digunakan dalam sistem kelistrikan kereta karena beberapa keunggulan teknis, termasuk kemampuannya untuk mengurangi kerugian daya pada transmisi jarak jauh. Menurut [N hariyanto, 2022], penggunaan tegangan AC dalam kereta memungkinkan pengoperasian berbagai perangkat elektronik dan mekanis dengan efisien, namun distribusi yang tidak seimbang dapat menyebabkan masalah seperti overloading dan fluktuasi tegangan. Sistem kelistrikan pada kereta penumpang merupakan salah satu komponen penting yang mendukung operasional kereta secara keseluruhan. Sistem ini mencakup distribusi tenaga listrik ke berbagai subsistem seperti pencahayaan, sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), sistem informasi penumpang, dan perangkat lain yang membutuhkan tenaga listrik. Menurut [Nasrun Hariyanto, 2022], distribusi tegangan AC digunakan secara luas dalam sistem ini karena kemampuannya untuk mengalirkan daya besar dengan efisiensi tinggi dan kestabilan yang baik.

F. Pembagian Beban pada Sistem Tegangan AC

Pembagian beban yang optimal pada sistem tegangan AC adalah salah satu aspek krusial dalam desain dan operasional kereta penumpang. Sistem kelistrikan yang dirancang dengan baik harus memastikan bahwa distribusi beban listrik di antara berbagai perangkat dan subsistem berjalan dengan lancar. Pembagian beban dalam sistem tegangan AC bertujuan untuk menjaga efisiensi, stabilitas, dan keandalan distribusi daya listrik. Teori ketidakseimbangan beban, faktor daya, dan daya dalam sistem AC menjadi dasar utama dalam pengelolaan distribusi daya yang optimal. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembagian beban meliputi jenis beban, keseimbangan antar fasa, kapasitas transformator, variasi beban, serta daya reaktif. Ketidakseimbangan beban dapat menyebabkan peningkatan rugi daya, Distribusi beban yang tidak merata dapat menyebabkan inefisiensi energi, yang meningkatkan biaya operasional dan memperpendek umur peralatan listrik. Untuk menghitung beban fuzzy decision making yang digunakan sebagai berikut :

$$\mu(x) = \max(0, \min(\frac{x-a}{b-a}, 1)) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

$b-a$

x = nilai yang dievaluasi

a = batas bawah

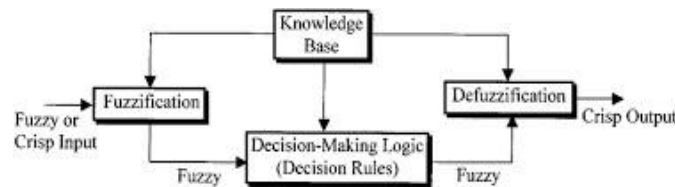
b = batas atas

$\mu(x)$ = derajat pada keanggotaan

Pada proses data berdasarkan aturan fuzzy; dan defuzzifikasi, yang mengubah hasil fuzzy kembali ke bentuk numerik untuk diterapkan dalam sistem distribusi daya. Dengan metode ini, sistem tenaga listrik dapat beradaptasi terhadap perubahan beban dan tegangan, menghindari ketidakseimbangan, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem.

G. Fuzzy Decision Making

Fuzzy Decision Making adalah pendekatan yang memanfaatkan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengambilan keputusan. FDM memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan berbagai kriteria sekaligus. Dalam pembagian beban, sering kali ada banyak faktor yang harus dipertimbangkan, seperti biaya operasi, keandalan jaringan, emisi lingkungan, dan efisiensi.



FDM memungkinkan pengambilan keputusan dengan memperhitungkan semua faktor ini secara bersamaan. Dalam sistem kelistrikan, pendekatan ini memungkinkan penilaian yang lebih fleksibel terhadap berbagai variabel yang mempengaruhi distribusi beban. Menurut Zadeh (1975), logika fuzzy memungkinkan representasi nilai kebenaran dalam rentang yang kontinu, berbeda dengan logika biner tradisional, sehingga lebih sesuai untuk situasi yang kompleks dan tidak pasti seperti distribusi beban listrik. Metode Fuzzy Decision Making sendiri sangat penting dalam analisis pembagian beban karena mampu mengatasi ketidakpastian, memberikan fleksibilitas, menyederhanakan dalam pengambilan keputusan yang kompleks, dan mengoptimalkan efisiensi sistem. FDM menjadi alat yang berguna dalam konteks di mana faktor-faktor yang perlu diperhitungkan bersifat dinamis, tidak pasti, dan bergantung pada banyak kriteria yang saling terkait. FDM memungkinkan pengambilan keputusan dengan memperhitungkan semua faktor ini secara bersamaan. Dalam sistem kelistrikan, pendekatan ini memungkinkan penilaian yang lebih fleksibel terhadap

Berbagai variabel yang mempengaruhi distribusi beban. Menurut Zadeh (1975), logika fuzzy memungkinkan representasi nilai kebenaran dalam rentang yang kontinu, berbeda dengan logika biner tradisional, sehingga lebih sesuai untuk situasi yang kompleks dan tidak pasti seperti distribusi beban listrik. Metode Fuzzy Decision Making sendiri sangat penting dalam analisis pembagian beban karena mampu mengatasi ketidakpastian, memberikan fleksibilitas, menyederhanakan dalam pengambilan keputusan yang kompleks, dan mengoptimalkan efisiensi sistem. FDM menjadi alat yang berguna dalam konteks di mana faktor-faktor yang perlu diperhitungkan bersifat dinamis, tidak pasti, dan bergantung pada banyak kriteria yang saling terkait.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, data yang dikumpulkan bentuk angka digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisis. Menurut (Sugiyono, 2009) dalam setiap peristiwa atau kejadian dapat berubah dari satu pengamatan ke pengamatan lainnya. Metode ini diterapkan untuk memproses data dengan memanfaatkan rumus-rumus yang relevan dan berhubungan dengan topik penelitian.

Teknik pengumpulan data merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

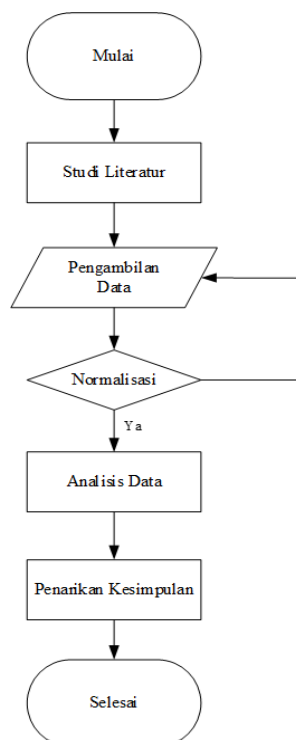
Melakukan penelusuran dan pengumpulan informasi dari sumber-sumber literatur terkait, seperti jurnal ilmiah, buku, laporan teknis, dan publikasi terkait lainnya.

2. Observasi Lapangan

Melakukan observasi langsung pada kereta passenger coach yang sedang berada dilapangan. Observasi ini dapat dilakukan untuk meperhatikan komponen komponen yang berada di kereta passenger coach dan interaksi dengan lingkungan sekitar.

3. Wawancara

Melakukan wawancara dengan para ahli dan manajer operasional atau praktisi yang berpengalaman dalam kelistrikan pada kereta penumpang. Wawancara ini dapat memberikan wawasan dan perspektif yang berharga mengenai pembagian beban tegangan AC, tantangan yang mungkin dihadapi, dan praktik terbaik yang dapat diterapkan.



Penjelasan tahap-tahap pada *flowchart* penelitian pada gambar 3.1 dijelaskan pada dibawah ini.

a. Studi Literatur

Studi literatur atau kajian pustaka merupakan kegiatan untuk menghubungkan masalah penelitian dengan teori yang relavan. Peneliti mengumpulkan beberapa literatur dari buku, jurnal, atau artikel- artikel terkait dengan penelitian.

b. Pengambilan data penelitian

Setelah mendapatkan izin untuk melakukan penelitian setelah itu dilakukan pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan cara suervey ke lokasi penelitian, lalu wawancara dengan ahli di lokasi penelitian dan observasi langsung ke lokasi penelitian. Apabila data sudah lengkap maka dilanjut dengan analisis data. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini hasil uji menggunakan metode fuzzy decision making untuk mengetahui tegangan AC pada kereta penumpang.

c. Normalisasi

Data-data yang dibutuhkan terkumpul dan cukup. Langkah selanjutnya normalisasi untuk mengetahui beban maximal dan beban minimal berdasarkan dengan standar dan rumus yang sudah ditentukan.

d. Penarikan Kesimpulan

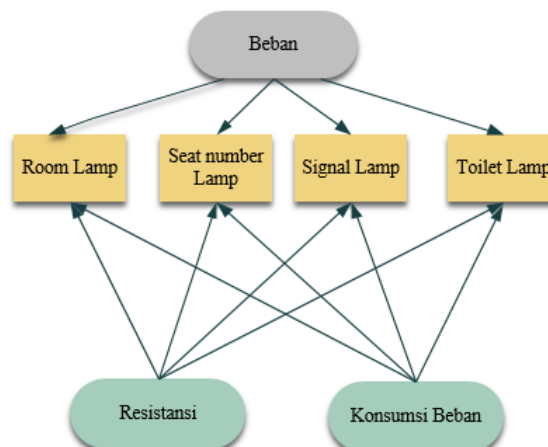
Kesimpulan penelitian adalah Langkah akhir dalam penelitian ini terhadap masalah masalah penelitian.

Hasil dan Pembahasan**A. Hasil dan Pembahasan**

Analisis proses pembagian beban pada kereta passenger coach dengan menggunakan Metode Fuzzy Decision Making adalah sebagai berikut:

1. Representasi Masalah

- Identifikasi Tujuan dan Kumpulan Alternatif Tujuan keputusan dari penggunaan Metode ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih fleksibel dalam mengalokasikan daya berdasarkan aturan-aturan fuzzy yang telah ditetapkan. Data dikumpulkan melalui pemantauan konsumsi listrik pada berbagai titik beban di dalam kereta, kemudian diolah menggunakan sistem fuzzy untuk menentukan distribusi tegangan yang terbesar. Dengan pendekatan ini, sistem dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi beban secara dinamis, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mencegah ketidakseimbangan distribusi
- Daya pada sistem kelistrikan kereta. Yaitu untuk menentukan beban setiap komponen pada kereta passenger coach.
- Identifikasi Kumpulan Kriteria Identifikasi kumpulan kriteria dalam proses penentuan beban merupakan proses mengumpulkan kriteria atau faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pembagian beban di kereta passenger coach. Kriteria-kriteria tersebut yaitu room lamp (C_1), seat number lamp (C_2), signal lamp (C_3), dan toilet lamp (C_4).
- Struktur Hirarki



2. Penilaian Kriteria dan Alternatif

Pada tabel 1 terdapat skala penilaian perbandingan berpasangan tujuannya untuk mendapatkan nilai terbaik pada skala 1 sampai 9 dalam perbandingan berpasangan kriteria dan alternatif.

Tabel 1 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	keterangan
1	Kedua komponen sama pentingnya
3	Komponen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Komponen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya
7	Komponen yang satu jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya
9	Satu komponen mutlak penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan

3. Perhitungan Tingkat Konsistensi

Dalam model pengambilan keputusan, perhitungan tingkat konsistensi penting untuk. Agar konsistensi model diterima, nilai Consistency Ratio (CR) harus memenuhi syarat $CR \leq 0,1$ atau $CR \leq 10\%$. Nilai konsistensi acak (RI) digunakan dalam perhitungan ini dan dapat diperoleh berdasarkan Tabel 2 yang menunjukkan nilai-nilai RI sesuai dengan ukuran matriks perbandingan yang digunakan.

Tabel 2 Konsistensi Random

Ukuran Matriks	Consistency Index
1,2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41

Keterangan kriteria pada jenis komponen pada tabel di bawah:

Tabel 3 Keterangan Kriteria

Room Lamp	C1
Seat Number Lamp	C2
Signal Lamp	C3
Toilet Lamp	C4

Berdasarkan tabel 3 merupakan data tingkat kepentingan setiap bobot kriteria, dimana kriteria beban sangat penting untuk menentukan jenis beban terbaik pada kereta passenger coach.

Tabel 4 Keterangan Alternatif

Resistansi	A
Konsumsi Daya	B

4. Perhitungan Matriks Pembobotan Hirarki Untuk Pemilihan Jenis Beban Pada Selama 24 Jam

Menetapkan prioritas beban dengan menentukan perbandingan berpasangan berdasarkan kepentingan relative antar beban dalam bentuk matriks sesuai dengan skala penilaian perbandingan pasangan.

a. Perhitungan Matriks Perbandingan Kriteria

Tabel 5 Perhitungan matriks perbandingan kriteria

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1	1	3	5	7
C2	0.33	1	3	3
C3	0.2	0.33	1	2
C4	0.14	0.33	0.5	1
Jumlah	1.67	4.66	9.5	13

b. Membagi setiap beban pada kolom dengan jumlah perkolom yang sesuai, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 perhitungan matriks pembagian beban dengan jumlah per kolom

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1	0.59	0.64	0.52	0.53
C2	0.19	0.21	0.31	0.23
C3	0.11	0.07	0.10	0.15
C4	0.08	0.07	0.05	0.07

c. Jumlahkan tiap 4 beban (n=4), maka didapatkan nilai priorotas untuk setiap kriteria dengan nilai prioritas tertinggi pada Room Lamp, Seatnumber Lamp, Signal Lamp, Toilet Lamp, Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7 Perhitungan Prioritas

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Σ baris	Prioritas
C1	0.59	0.64	0.52	0.53	2.28	0.57
C2	0.19	0.21	0.31	0.23	0.94	0.23
C3	0.11	0.07	0.10	0.15	0.43	0.10
C4	0.08	0.07	0.05	0.07	0.27	0.06

d. Membuat Matriks Penjumlahan Setiap Baris Setelah didapatkan niali prioritas setiap kriteria, Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8 Nilai Konsistensi

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Σ baris
C1	0.57	0.69	0.5	0.42	2.18
C2	0.188	0.23	0.03	0.18	0.62
C3	0.114	0.075	0.05	0.12	0.35
C4	0.079	0.075	0.05	0.06	0.26

Jumlah tiap baris dibagi dengan masing-masing prioritas yang bersesuaian dan hasilnya dijumlahkan. Hasil penjumlahan dibagi dengan banyak beban ($n=4$). Untuk mendapatkan λ_{maks} . Setelah itu dihitung indeks konsistensi (CI) dan rasio konsistensi (CR).

$$\text{Rumus} = \frac{\sum \text{baris}}{\text{Prioritas}} \quad (1)$$

$$C1 = 2.18/0.57 = 3.82$$

$$C2 = 0.62/0.23 = 2.69$$

$$C3 = 0.35/0.05 = 7$$

$$C4 = 0.26/0.06 = 4.3$$

$$\text{Total} = 17.81$$

$$\lambda_{maks} = \text{Total}/n \quad (2)$$

$$\lambda_{maks} = 17.81 / 4 = 4.4525$$

$$\text{Consistency Indeks (CI)} = (\lambda_{maks} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

$$CI = (4.4525 - 4) / 3$$

$$= 0.150$$

Untuk $n = 4$, Random Consistency – nya adalah 0.90

$$CR = CI / RC \quad (4)$$

$$CR = 0.150 / 0.90$$

$$= 0.16$$

Oleh karena $CR \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan Fuzzy Decision Making disimpulkan bahwa hasil dari Fuzzy Decision Making lebih menentukan output sistem Hasil simulasi dan perhitungan menunjukkan bahwa room lamp memiliki konsumsi daya tertinggi dan menjadi komponen dengan prioritas beban terbesar, sedangkan toilet lamp memiliki konsumsi daya paling rendah. Penerapan Fuzzy Decision Making terbukti mampu menyeimbangkan pembagian beban secara lebih efisien, mengurangi risiko kelebihan daya, serta meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan secara keseluruhan. Dengan memiliki nilai batas toleransi sebesar 15 % dari perbandingan kedua metode ini masih dapat diterima dalam sistem.

B. Saran

Penelitian lebih lanjut dapat disarankan berfokus pada pengembangan algoritma fuzzy decision making yang lebih kompleks, dengan mempertimbangkan lebih banyak variabel seperti suhu lingkungan, kondisi komponen, dan pola penggunaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzubaidi, L., Bai, J., Al-Sabaawi, A., Santamaría, J., Albahri, A. S., Al-dabbagh, B. S. N., Fadhel, M. A., Manoufali, M., Zhang, J., Al-Timemy, A. H., Duan, Y., Abdullah, A., Farhan, L., Lu, Y., Gupta, A., Albu, F., Abbosh, A., & Gu, Y. (2023). A survey on deep learning tools dealing with data scarcity: definitions, challenges, solutions, tips, and applications. *Journal of Big Data*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00727-2>.
- Arbolea, P., Mayet, C., Mohamed, B., Aguado, J. A., & Torre, S. de la. (2020). A review of railway feeding infrastructures: Mathematical models for planning and operation. *ETransportation*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.etrans.2020.100063>
- Brown, T. (2020). *Optimization of Load Distribution in AC Power Systems*. Journal of Electrical Engineering, 78(2), 150-170.
- Chen, C., Jiang, Z., & Chen, J. (2021). "Application of Fuzzy Logic Control in Power System Stability and Reliability". Journal of Electrical Engineering & Technology, 16(3), 1045-1053.
- Gupta, R., Sharma, S., & Kumar, N. (2021). *Multi- Criteria Decision Making for Power System Optimization*. Energy Systems Journal, 12(1), 45-59.
- Kumar, A., Singh, P., & Gupta, R. (2022). *Enhancing Power System Reliability through Decision Making Approaches*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 137(1), 207-217.
- Khan, S., Amin, S., & Sheikh, I. (2020). "A Fuzzy Logic-based Approach for Load Balancing in Smart Grids". IEEE Access, 8, 110938-110947
- Lee, K. (2021). *Challenges and Opportunities in Implementing Fuzzy Logic in Electrical Systems*. Journal of Energy Engineering, 25(1), 55-68.
- Mahmood, A. N., Mohammed, B. A., & Al-Lami, H. F. (2020). "Fuzzy logic controller design for energy management system of electric vehicle". *Energy Reports*, 6, 168-174.
- Mughny, W. A., & Hariyanto, N. (2020). *Studi Arus, Tegangan, dan Daya pada Instalasi Listrik Kereta Api Turangga*. X(X), 1–10. <https://tiket.kereta-api.co.id/>.
- Othman, M. M., & Issa, A. S. (2021). "Optimization of Power Distribution Using Fuzzy Logic in Railway Systems". International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 133, 107321. Raihan Afif Ruselando, Parjiman, & Purwanto Gendroyono. (2020). Analisis Konsumsi Daya Listrik Pada Kereta Penumpang Kelas Eksekutif Argo Cirebon (Studi Pada PT. Kereta Api Indonesia Daop 1 Jakarta). *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 5(2), 49–54. <https://doi.org/10.21009/jevet.0052.08>
- Zhang, Y., & Zhang, X. (2022). "An Optimal Fuzzy Decision-Making Method for Load Balancing in Electric Power Systems". Applied Sciences, 12(8), 3857. Header halaman genap: Nama Jurnal. Volume 01 Nomor 01 Tahun 2012, 0 - 216