

OPTIMASI PENEMPATAN GARDU DISTRIBUSI DAYA LISTRIK MELALUI FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Aulia Ikhsan¹, Iis Aisyah²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Puspitek Raya No. 10, Indonesia, 15417
e-mail: ¹aikhsan1992@gmail.com, ²aisyah.xz@gmail.com

Abstract

This study aims to optimize the placement of electricity distribution substations using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) method. Optimal placement of distribution substations is very important because it affects the reliability of electricity supply, operational efficiency, and cost savings for electricity distribution companies such as PT. PLN Persero. In electricity distribution management, selecting the right location for distribution substations is a critical aspect that involves various factors such as distance to consumers, distribution capacity, installation costs, supply reliability, and environmental impacts. To overcome the complexity in this decision making, the F-AHP method is used, which combines the advantages of the Analytical Hierarchy Process (AHP) with the Fuzzy approach. This research method involves several main stages. First, important criteria in the placement of distribution substations are identified, including distance to consumers, distribution capacity, and installation costs. Second, the data needed to evaluate these criteria are collected, such as geographic data, distribution capacity, and cost data. Third, a pairwise comparison is carried out to determine the relative weights between criteria. Finally, the F-AHP method is applied to process the data and produce optimal distribution substation location priorities. This study aims to produce a more efficient and reliable distribution substation placement model. With the application of F-AHP, it is expected to obtain more accurate decisions in determining the location of distribution substations, so that PT. PLN Persero can improve the reliability of electricity supply, reduce disruptions, and save operational costs.

Keywords: *Electrical substation; F-AHP method; Fuzzy, Substation Placement, Analytical Hierarchy Process.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penempatan gardu distribusi listrik dengan menggunakan metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP). Penempatan gardu distribusi yang optimal sangat penting karena mempengaruhi keandalan pasokan listrik, efisiensi operasional, dan penghematan biaya bagi perusahaan distribusi listrik seperti PT. PLN Persero. Dalam manajemen distribusi listrik, pemilihan lokasi gardu distribusi yang tepat adalah aspek kritis yang melibatkan berbagai faktor seperti jarak ke konsumen, kapasitas distribusi, biaya instalasi, keandalan pasokan, dan dampak lingkungan. Untuk mengatasi kompleksitas dalam pengambilan keputusan ini, metode F-AHP digunakan, yang menggabungkan keunggulan Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan pendekatan Fuzzy. Metode penelitian ini melibatkan beberapa tahapan utama. Pertama, dilakukan identifikasi kriteria penting dalam penempatan gardu distribusi, termasuk jarak ke konsumen, kapasitas distribusi, dan biaya instalasi. Kedua, data yang diperlukan untuk mengevaluasi kriteria tersebut dikumpulkan, seperti data geografis, kapasitas distribusi, dan data biaya. Ketiga, dilakukan perbandingan pasangan (pairwise comparison) untuk menentukan bobot relatif antar kriteria. Terakhir, metode F-AHP diterapkan untuk mengolah data dan menghasilkan prioritas lokasi gardu distribusi yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan

model penempatan gardu distribusi yang lebih efisien dan andal. Dengan penerapan F-AHP, diharapkan dapat diperoleh keputusan yang lebih akurat dalam menentukan lokasi gardu distribusi, sehingga PT. PLN Persero dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik, mengurangi gangguan, dan menghemat biaya operasional.

Kata Kunci: Gardu listrik; Metode F-AHP; Fuzzy, Penempatan gardu, Analytical Hierarchy Process.

1. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik adalah salah satu kebutuhan utama masyarakat dan industri yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Ketersediaan energi listrik yang handal dan efisien adalah kunci bagi perkembangan sosial dan ekonomi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, manajemen distribusi daya listrik menjadi hal yang sangat penting dalam memastikan pasokan listrik yang memadai kepada pelanggan.

Seiring dengan pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat dan pertumbuhan populasi, PLN, sebagai cabang distribusi daya listrik PT. PLN Persero Rayon Bintaro, memiliki tantangan yang semakin kompleks dalam menentukan penempatan yang optimal untuk gardu distribusi daya listrik. Kebutuhan akan sumber energi listrik untuk rumah tangga, bisnis, sektor umum, dan industri terus bertambah, mendorong PT. PLN untuk membangun lebih banyak gardu distribusi. Dalam konteks ini, gardu distribusi daya listrik memainkan peran sentral dalam mengatur aliran dan distribusi energi listrik dari gardu induk ke pelanggan akhir. Penempatan gardu distribusi harus didasarkan pada kriteria yang ketat, seperti jarak ke konsumen, kapasitas distribusi yang dibutuhkan, biaya instalasi, keandalan, dan dampak lingkungan. Penempatan yang kurang optimal dapat mengakibatkan kerugian finansial dan berdampak pada kualitas pasokan listrik.

Pada kenyataannya, penempatan gardu distribusi seringkali melibatkan sejumlah variabel yang kompleks dan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Kriteria-kriteria ini sering kali memiliki sifat subjektif dan tidak terukur dengan tepat, dan keadaan yang berubah-ubah dapat memengaruhi keputusan penempatan.

Dalam aspek lain, penempatan gardu distribusi juga menjadi masalah yang rumit, dengan konsekuensi kerugian terutama dari segi finansial. Dalam rangka mengatasi permasalahan ini, diperlukan pengembangan sistem pendukung keputusan yang canggih. Sistem pendukung keputusan ini akan memanfaatkan analisis data, sistem pakar, dan metode pendukung keputusan untuk membantu menemukan lokasi yang optimal bagi gardu distribusi daya listrik. Salah satu keunggulan dari sistem pendukung keputusan adalah kemampuannya

dalam menghemat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan tidak terstruktur.

Permasalahan utama yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan penempatan gardu distribusi daya listrik dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang kompleks dan ketidakpastian yang mungkin muncul dalam pengambilan keputusan. Hal ini melibatkan pengembangan sistem pendukung keputusan yang dapat membantu para praktisi dalam mengidentifikasi lokasi yang optimal untuk gardu distribusi.

Dalam kerangka penelitian ini, kami memilih menggunakan metode Fuzzy Analytic Hierarchy Processing (F-AHP) sebagai fondasi utama untuk mengatasi kompleksitas permasalahan yang telah diuraikan di atas. F-AHP merupakan pengembangan dari Analytical Hierarchy Process (AHP) yang menggabungkan konsep Fuzzy.

Pendekatan ini dirancang khusus untuk mengatasi permasalahan yang melibatkan kriteria dengan sifat subjektif yang dominan dan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Keunggulan metode F-AHP sangat relevan dalam penelitian ini dan termasuk:

1. Penalaran Berbasis Bahasa: Metode F-AHP memungkinkan para pengambil keputusan untuk menggunakan penalaran berbasis bahasa dalam mengevaluasi kriteria dan subkriteria. Ini membuat pengambilan keputusan menjadi lebih intuitif dan memungkinkan para ahli untuk berkontribusi dengan lebih baik dalam proses pengambilan keputusan.

2. Penggunaan yang Sederhana: F-AHP tidak memerlukan persamaan matematika yang rumit. Ini membuat metode ini lebih mudah dipahami dan dapat digunakan oleh praktisi yang tidak memiliki latar belakang matematika yang kuat.

3. Toleransi Terhadap Ketidakpastian: F-AHP memiliki kemampuan untuk menangani ketidakpastian dalam data. Ini sangat relevan dalam situasi di mana data yang digunakan dalam pengambilan keputusan tidak selalu tepat dan pasti.

4. Pemodelan Fungsi Nonlinear: Metode F-AHP dapat memodelkan fungsi nonlinear yang sangat kompleks. Ini berarti bahwa metode ini dapat digunakan untuk merumuskan solusi dalam situasi di mana hubungan antara variabel-variabelnya tidak selalu linier.

5. Integrasi Pengalaman Para Pakar: F-AHP memungkinkan integrasi pengalaman para pakar langsung dalam proses pengambilan keputusan. Hal ini terjadi tanpa perlu menjalani proses pelatihan yang panjang. Pengalaman dan pengetahuan para ahli dapat diakses dan dimasukkan ke dalam sistem dengan cepat.

Semua keunggulan ini memastikan bahwa metode F-AHP merupakan pilihan yang tepat dalam mengatasi tantangan kompleks dalam penempatan gardu distribusi daya listrik. Dalam penelitian ini, kami akan memanfaatkan metode F-AHP ini secara optimal untuk mengembangkan kerangka kerja yang dapat memberikan rekomendasi lokasi optimal untuk gardu distribusi. Metode ini akan mempertimbangkan semua faktor yang relevan, termasuk ketidakpastian dalam data dan sifat subjektif dari beberapa kriteria. Keseluruhan penelitian akan didokumentasikan secara rinci dalam bab-bab berikutnya, termasuk langkah-langkah implementasi metode F-AHP, analisis hasil, dan rekomendasi yang dihasilkan.

Penelitian ini memiliki tujuan yang sangat penting, yaitu mengoptimalkan penempatan gardu distribusi daya listrik dengan memanfaatkan metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). Penempatan gardu distribusi adalah keputusan strategis yang harus dilakukan oleh perusahaan distribusi listrik seperti PLN. Keputusan ini mempengaruhi keandalan pasokan listrik, efisiensi operasional, dan biaya keseluruhan yang harus ditanggung oleh perusahaan tersebut.

Dengan demikian, penelitian ini menjadi sangat relevan dalam konteks energi listrik yang handal dan efisien. Dalam kerangka penelitian ini, permasalahan penempatan gardu distribusi daya listrik merupakan permasalahan yang sangat kompleks. Hal ini melibatkan sejumlah variabel yang harus dipertimbangkan, seperti jarak ke konsumen, kapasitas distribusi yang dibutuhkan, biaya instalasi, keandalan, dan dampak lingkungan.

Selain itu, variabel-variabel ini seringkali memiliki sifat subjektif yang sulit diukur secara tepat. Mengambil keputusan yang tepat dalam penempatan gardu distribusi sangat penting. Keputusan yang kurang optimal dapat berdampak negatif pada pelayanan pasokan listrik kepada pelanggan, mengakibatkan pemadaman listrik yang tidak diinginkan, dan menyebabkan kerugian finansial bagi perusahaan distribusi listrik.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu kerangka kerja yang dapat membantu para pengambil keputusan dalam menentukan lokasi yang optimal untuk gardu distribusi. Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) yang dipilih untuk digunakan dalam penelitian ini merupakan pilihan yang tepat.

Metode ini menggabungkan keunggulan dari dua metode yang kuat: Analytical Hierarchy Process (AHP) dan konsep Fuzzy. AHP membantu dalam memecah permasalahan kompleks menjadi subkriteria yang lebih terkelola, memungkinkan pengambilan keputusan yang terstruktur. Sementara pendekatan Fuzzy memungkinkan penanganan aspek-aspek ketidakpastian yang seringkali hadir dalam pengambilan keputusan penempatan gardu distribusi.

Salah satu aspek penting dari metode F-AHP adalah kemampuannya dalam menghadapi kriteria yang memiliki sifat subjektif, tidak terukur secara tepat, atau dapat bervariasi. Ini memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengevaluasi kriteria-kriteria ini dengan lebih intuitif dan adaptif, sehingga keputusan yang dihasilkan lebih cocok dengan situasi nyata. FAHP memberikan fleksibilitas yang diperlukan dalam menghadapi lingkungan yang selalu berubah dalam industri energi listrik. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan suatu kontribusi penting dalam pengembangan praktik penempatan gardu distribusi yang lebih cerdas dan efisien. Dengan metode F-AHP sebagai landasan, diharapkan penelitian ini akan memberikan panduan yang bermanfaat bagi PT. PLN dan organisasi distribusi listrik lainnya dalam mengambil keputusan penempatan gardu distribusi yang tepat, meminimalkan risiko, dan meningkatkan efisiensi operasional mereka. Keseluruhan penelitian akan dijabarkan lebih detail dalam bab-bab berikut, yang mencakup langkah-langkah implementasi metode F-AHP, analisis hasil, dan rekomendasi praktis yang dihasilkan dari penelitian ini.

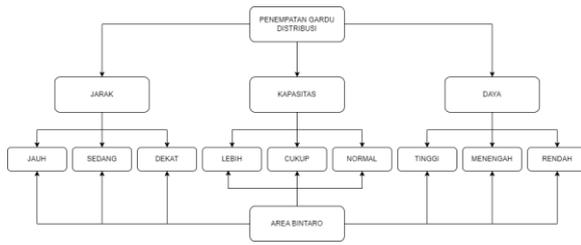
2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Berikut adalah jurnal yang terkait dengan judul penelitian terkait :

- a. Analisis Pelepasan Beban dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) pada Area Kuala Kencana PT Freeport Indonesia yang dilakukan oleh Suparno dan Kasimirus Kiom Niggin (2023) Metode penelitian yang digunakan berisi dua hal, yang pertama adalah tingkat perbandingan kriteria dan yang kedua adalah tingkat perbandingan antar alternatif di area Kuala Kencana P.T. Freeport Indonesia di Timika Papua Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan panduan tentang penanganan distribusi jaringan listrik dengan menggunakan AHP sehingga para manajemen lebih mudah untuk menstruktur permasalahan distribusi jaringan listrik di area Kuala Kencana PT Freeport Indonesia.
- b. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Guru Les Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy-AHP (Studi Kasus: English School Indonesia) oleh Rizqul

- Fauzy, Yuhefizar dan Rasyidah (2024) Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem pendukung keputusan yang dapat membantu English School Indonesia dalam memilih guru les terbaik dengan menggunakan metode Fuzzy-AHP (F-AHP). Metode Fuzzy- AHP menggabungkan Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan logika fuzzy, yang dapat mengatasi ketidakpastian dan ketidaktepatan dalam penilaian kriteria.
- c. Penerapan Metode Fuzzy AHP untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pemasok Terbaik oleh Fenina Adline Twince Tobing, Muhammad Iqbal Dzulhaq, Ramzi Fajar Sidiq (2019) Pada penelitian ini dibangun Sistem Pendukung Keputusan (SPK) untuk pemilihan pemasok terbaik menggunakan 4 kriteria yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan perusahaan yaitu harga, stok, delivery, dan mutu. Masing-masing kriteria tersebut akan dibobotkan menggunakan metode Fuzzy AHP. Pada implementasinya dihasilkan bobot kriteria harga sebesar 0,632, stok 0,352, delivery 0,084, mutu 0,107. Hasil pembobotan ini akan digunakan untuk mendukung penilaian pemasok terbaik dan akan diperoleh nilai masing-masing pemasok sehingga diketahui siapa pemasok terbaik.
- d. Evaluasi Kinerja Tim Penjualan: Pendekatan Fuzzy AHP dalam Model MCDM oleh KarlenaIndriani, Irwansyah Saputra, Nurmalasari, Ahmad Yani, Ade Christian (2024) Dalam penelitian ini, diusulkan model MCDM menggunakan metode Fuzzy AHP untuk mengevaluasi kinerja tenaga penjualan di departemen pemasaran perusahaan guna menentukan prioritas dan peringkat objektif dari alternatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsistensi rasio validasi menggunakan metode Fuzzy AHP
- e. Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP) dalam Pemilihan Green Supplier oleh Fajar Sri Handayani, Setiono, Rini Athiya Basyir (2023) Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria dan subkriteria serta mengidentifikasi prioritas perusahaan dalam memilih supplier yang memenuhi konsep green supplier. Pada penelitian ini dilakukan analisis pemilihan green supplier bagi perusahaan konstruksi dengan menggunakan metode F-AHP (Fuzzy Analytical Hierachy Process) dengan 5 faktor utama dan 14 subfaktor yang dianggap penting.
3. METODE PENELITIAN
- Di bawah ini merupakan alur yang penulis lakukan berdasarkan kerangka pemikiran yang terbentuk. Berikut adalah tahapan dari proses yang berjalan:
- Identifikasi Masalah
Di tahap identifikasi masalah, penulis melakukan identifikasi masalah yang ada pada sistem yang sedang berjalan agar dapat menetapkan masalah yang terjadi serta dapat mengambil keputusan untuk solusi terbaik. Pada tahap ini penulis mengidentifikasi masalah dalam tahapan penempatan gardu PLN.
 - Pengumpulan Data
Setelah mengidentifikasi masalah yang ada, penulis mengumpulkan data yang dibutuhkan guna mendukung proses penelitian ini. Adapun beberapa hal yang mendukung dalam proses pengumpulan data:
 - Pustaka Literatur : Pada hal ini penulis mengumpulkan beberapa jurnal sebagai bahan acuan yang dapat mendukung dalam proses penelitian ini.
 - Survei PLN : Peneliti melakukan survei langsung ke cabang PLN untuk merangkum setiap masalah serta memenuhi kebutuhan data
 - Wawancara : Penelitian melakukan wawancara pada pihak PLN Bintaro.
 - Analisis Data
Keseluruhan data yang telah dikumpulkan akan melalui proses analisis untuk mendapatkan poin - poin penting yang dibutuhkan untuk mendapatkan beberapa hal yaitu, data alternatif, variabel penelitian, dan fungsionalitas serta non fungsionalitas
 - Pengolahan Data
Tahap akhir adalah penerapan data yang telah diterima melalui proses perhitungan menggunakan metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process untuk mendapatkan keputusan terbaik atas kasus yang ada.
- Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam memperhitungkan penempatan gardu PLN menggunakan Metode Fuzzy AHP, metode ini merupakan Pendekatan yang memberikan keuntungan dalam menangkap ketidakjelasan pendapat manusia dan memecahkan masalah penelitian melalui cara yang terstruktur dan proses yang sederhana (Norhikmah, Kusriani, & Arief, 2014). Ketidakpastian bilangan direpresentasikan dengan urutan skala. Berikut ini adalah langkah perhitungan dalam menentukan uji kelayakan penempatan gardu distribusi.
- Pada Fuzzy AHP ada beberapa tahapan yang dilakukan terhadap data-data yang diperoleh. Tahapan-tahapan tersebut antara lain:

- Membuat struktur hirarki dari permasalahan uji kelayakan penempatan gardu distribusi dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Struktur Hierarki

- b. Menentukan perbandingan matriks berpasangan antar kriteria skala TFN. Sebelum menentukan skala TFN dapat dilihat pada Tabel 2.2 terlebih dahulu tentukan intensitas kepentingan AHP pada kriteria-kriteria yang telah di tentukan di bawah ini:

Tabel 1. Intensitas Kepentingan AHP

Kriteria	Kriteria pembeding	Nilai Intensitas Kepentingan	Keterangan Intensitas kepentingan
Jarak	Kapasitas	4	Very Strong
Jarak	Daya	2	Weak
Kapasitas	Daya	1	Equal

Setelah dilakukan penilaian intensitas kepentingan AHP, berikut nilai kriteria menggunakan Triangular Fuzzy Number sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Kriteria menggunakan TFN

Nilai Intensitas Kepentingan	Keterangan Intensitas Kepentingan	Triangular Fuzzy Number (TFN)	Reciprocal (Kebalikan)
4	Very Strong	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
2	Weak	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
1	Equal	(1,1,1)	(1,1,1)

- c. Menentukan nilai sintesis Fuzzy (Si) prioritas, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

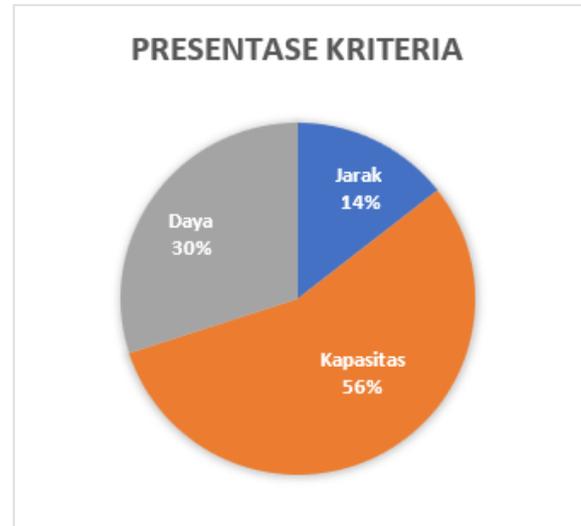
$$S_i = \sum_{j=1}^m M_j \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j}$$

- d. Menentukan nilai vektor (V) dan nilai ordinat defuzzifikasi (d'). Jika yang diperoleh pada setiap matrik fuzzy $M_2 \geq M_1$ (I_1, m_1, m_1) dan M_2 (I_2, m_2, m_2)
- e. Normalisasi nilai bobot Fuzzy (W), dengan menjumlahkan keseluruhan nilai d' yang didapat dari proses sebelumnya untuk mendapatkan nilai $\sum w$
- f. Mencari nilai wkn untuk mendapatkan nilai w pada masing – masing kriteria dengan melakukan

perhitungan menggunakan rumus,

$$wk_n = \frac{\sum W'}{w'_n}$$

Hasil yang didapat dijadikan nilai presentase untuk masing – masing kriteria.



Gambar 2. Diagram Presentase Kriteria

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan matriks berpasangan antar kriteria dengan skala yang sudah ada, kriteria dan bobot kriteria didapatkan sesuai dari data masukan ketentuan petugas perusahaan sesuai dengan tingkat kepentingan antar kriteria. Berikut ini adalah perbandingannya:

Tabel 3. Nilai Matriks Berpasangan Kriteria Jarak

Kriteria	Pembanding	Bobot	Intensitas Kepentingan	Keterangan
Jarak	Jarak luas (l)	1	1	Kedua elemen sama pentingnya
	Jarak sedang (m)	1		Kedua elemen sama pentingnya
	Jarak dekat (u)	1		Kedua elemen sama pentingnya
Jarak	Kapasitas luas (l)	2/5	4	Elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya
	Kapasitas sedang (m)	1/2		Elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya
	Kapasitas dekat (u)	2/3		Elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya
Jarak	Daya luas (l)	2/3	2	Pertengahan (Intermediate)
	Daya sedang (m)	1		Pertengahan (Intermediate)
	Daya dekat (u)	2		Pertengahan (Intermediate)

Tabel 4. Nilai Matriks berpasangan Kriteria Kapasitas

Kriteria	Pembanding	Bobot	Intensitas Kepentingan	Keterangan
Kapasitas	Jarak Berlebih (l)	3/2	4	Elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya
	Jarak cukup (m)	2		Elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya
	Jarak normal (u)	5/2		Elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya
Kapasitas	Kapasitas Berlebih (l)	1	1	Kedua elemen sama pentingnya
	Kapasitas cukup (m)	1		Kedua elemen sama pentingnya
	Kapasitas normal (u)	1		Kedua elemen sama pentingnya
Kapasitas	Daya berlebih (l)	1	1	Kedua elemen sama pentingnya
	Daya cukup (m)	1		Kedua elemen sama pentingnya
	Daya normal (u)	1		Kedua elemen sama pentingnya

Tabel 5. Nilai Matriks Berpasangan Kriteria Daya

Kriteria	Pembanding	Bobot	Intensitas Kepentingan	Keterangan
Daya	Jarak tinggi (l)	1/2	2	Pertengahan (Intermediate)
	Jarak menengah (m)	1		Pertengahan (Intermediate)
	Jarak rendah (u)	3/2		Pertengahan (Intermediate)
Daya	Kapasitas tinggi (l)	1	1	Kedua elemen sama pentingnya
	Kapasitas menengah (m)	1		Kedua elemen sama pentingnya
	Kapasitas rendah (u)	1		Kedua elemen sama pentingnya
Daya	Daya tinggi (l)	1	1	Kedua elemen sama pentingnya
	Daya menengah (m)	1		Kedua elemen sama pentingnya
	Daya rendah (u)	1		Kedua elemen sama pentingnya

Setelah mendapatkan nilai sesuai dengan tingkat kepentingan seperti pada tabel-tabel diatas. Perbandingan matriks berpasangan antar kriteria dengan skala yang sudah ada dapat di hitung dengan perhitungan Fuzzy AHP sebagai berikut:

a. Menentukan perbandingan matriks berpasangan, pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Perbandingan Matriks Berpasangan Kriteria Jarak

Kriteria	Jarak		
	Luas (L)	Sedang (M)	Dekat (U)
Jarak	1	1	1
Kapasitas	0,4	0,5	0,666666667
Daya	0,666666667	1	2

Penjelasan dari tabel diatas adalah:

- i. Kriteria jarak bobotnya (1,1,1) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 1 maka nilai TFN (1,1,1) kebalikannya mempunyai nilai yang sama yaitu (1,1,1).
- ii. Kriteria kapasitas bobotnya (2/5, 1/2, 2/3) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 4 maka nilai kebalikan (2/5, 1/2, 2/3) dari TFN (3/2, 2, 5/2).
- iii. Kriteria daya bobotnya (2/3, 1, 2) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 2 kebalikannya (2/3, 1, 2) dan nilai TFN (1/2, 1, 3/2).

Tabel 7. Perbandingan Matriks Berpasangan Kriteria Kapasitas

Kriteria	Kapasitas		
	Berlebih	Cukup	Normal
	(L)	(M)	(U)
Jarak	1,5	2	2,5
Kapasitas	1	1	1
Daya	1	1	1

Penjelasan dari bobot pada kriteria kapasitas:

- Kriteria jarak bobotnya (3/2, 2, 5/2) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 4 maka nilai TFN (3/2, 2, 5/2)
- Kriteria kapasitas bobotnya (1,1,1) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 1 maka nilai kebalikan (1,1,1) dari TFN (1,1,1).
- Kriteria daya bobotnya (1,1,1) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 1 maka nilai kebalikan (1,1,1) dari TFN (1,1,1).

Tabel 8. Perbandingan Matriks Berpasangan Kriteria Daya

Kriteria	Daya		
	Daya Tinggi	Daya Menengah	Daya Rendah
	(L)	(M)	(U)
Jarak	0,5	1	1,5
Kapasitas	1	1	1
Daya	1	1	1

Penjelasan pada table diatas sebagai berikut:

- Kriteria jarak bobotnya (1/2, 1, 3/2) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 2 maka nilai TFN (1/2, 1 3/2)
- Kriteria kapasitas bobotnya (1,1,1) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 1 maka nilai kebalikan (1,1,1) dari TFN (1,1,1).
- Kriteria daya bobotnya (1,1,1) dikarenakan intensitas kepentingannya nilainya 1 maka nilai kebalikan (1,1,1) dari TFN (1,1,1).

Hasil perhitungan perbandingan matriks berpasangan dari tiga kriteria dan sub kriteria, sebagai berikut:

Tabel 9. Perbandingan Matriks Berpasangan

Kriteria	Jarak			Kapasitas			Daya		
	Lus	Sedang	Dekat	Berlebih	Cukup	Normal	Daya Tinggi	Daya Menengah	Daya Rendah
	(L)	(M)	(U)	(L)	(M)	(U)	(L)	(M)	(U)
Jarak	1	1	1	1,5	2	2,5	0,5	1	1,5
Kapasitas	0,4	0,5	0,66666667	1	1	1	1	1	1
Daya	0,66666667	1	2	1	1	1	1	1	1

Pada table perbandingan matriks berpasangan dapat di lihat keseluruhan bobot dari setiap kreiteria

dan subkriteria. Terdapat kolom dan baris yang berbeda dengan keterangan sebagai berikut:

- Untuk yang nilai intensitasnya adalah 1 maka nilai TFN dan kebalikannya adalah (1,1,1).
- Pada baris jarak kolom kapsitas dan daya, serta baris kapasitas kolom daya adalah nilai TFN dari nilai kepentingan yang sudah dibahas sebelumnya.
- Sedangkan baris kapasitas kolom jarak dan baris daya kolom jarak dan kapasitas adalah nilai kebalikan dari TFN atau point b diatas, sesuai dengan nilai kepentingan pada pembahasan sebelumnya.

Setelah mendapatkan matriks berpasangan maka tahap selanjutnya adalah menghitung Jumlah seluruh baris dan kolom. Berikut ini tabel perhitungannya:

Tabel 10. Jumlah Baris dan Kolom

Kriteria	Jarak			Kapasitas			Daya			Jumlah Baris		
	Lus	Sedang	Dekat	Berlebih	Cukup	Normal	Daya Tinggi	Daya Menengah	Daya Rendah	1	m	u
Jarak	1	1	1	1,5	2	2,5	0,5	1	1,5	3	4	5
Kapasitas	0,4	0,5	0,66666667	1	1	1	1	1	1	2,4	2,5	2,66666667
Daya	0,66666667	1	2	1	1	1	1	1	1	2,66666667	3	4
Jumlah Kolom										8,06666667	9,5	11,66666667

Penjelasan:

- Sub kriteria 1 (l) pada baris pertama: 3+2, 4+2, 66666667 = 8,06666667
- Sub kriteria 2 (m) pada baris pertama: 4+2, 5+3= 9,5
- Sub kriteria 3 (u) pada baris pertama: 5+2, 66666667+4=11,66666667

Lakukan perhitungan pada baris dan kolom

VSK1>=VSK2 =	-0,073435655	=	-0,0734	=	0,31744923
	-0,067420618		0,163909774		-0,2313
VSK1>=VSK3 =	-0,238724911	=	-0,2387	=	0,69399193
	-0,180078295		0,163909774		-0,344

berikutnya, kemudian jumlahkan perkolom. Dari hasil perhitungan diatas diketahui hasil perhitungan sub kriteria, sebagai berikut:

Tabel 11. Kelompok Jumlah Baris dan Kolom

Jumlah Baris		
L	m	u
Sub Kriteria 1	Sub Kriteria 2	Sub Kriteria 3
3	4	5
2,4	2,5	2,66666667
2,66666667	3	4
8,06666667	9,5	11,66666667

Dari hasil Tabel 10 dapat dilihat hasil penjumlahan

kolom dan baris. Sub kriteria 1 mendapat nilai 8,066666667, sub kriteria 2 mendapat nilai 9,5 dan sub kriteria 3 mendapat nilai 11,66666667. Nilai tertinggi 11,66666667 (sub kriteria 3), nilai tertinggi kedua adalah 9,5 (sub kriteria 2) dan nilai terendah adalah 8,066666667 (sub kriteria 1).

- b. Setelah mendapatkan hasil jumlah baris dan mengelompokkan nilai tertinggi dan terendahnya maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai Sintesis Fuzzy (SI). Berikut ini adalah hasil perhitungannya untuk menentukan Sintesis (SI).

Tabel 12. Perhitungan menentukan SI

Kriteria	SI		
	Sub Kriteria 1 (Jarak dan Kapasitas berbeda, Daya tinggi)	Sub Kriteria 2 (Jarak sedang, Kapasitas cukup, Daya menengah)	Sub Kriteria 3 (Jarak dekat, Kapasitas normal, Daya rendah)
	T	M	L
Jarak	0,257142857	0,421052632	0,619834711
Kapasitas	0,205714286	0,263157895	0,330578512
Daya	0,228571429	0,315789474	0,495867769

Untuk mendapatkan nilai SI, perhitungannya sebagai berikut:

- i. Pada baris jarak kolom pertama:
 - (jumlah baris sub kriteria1*1)/nilai tertinggi
 - $(3*1)/11,66666667 = 0,257142857$
 pada baris dua dan tiga lakukan hal selanjutnya dengan membagi nilai tertinggi.
- ii. Pada baris jarak kolom kedua:
 - (jumlah baris sub kriteria2*1)/nilai sedang
 - $(4*1)/9,5 = 0,421052632$
 pada kolom baris kedua lakukan hal selanjutnya dengan membagi nilai sedang.
- iii. Pada baris jarak kolom ketiga:
 - (jumlah baris sub kriteria 3*1)/nilai rendah
 - $(5*1)/8,066666667 = 0,619834711$
 pada baris selanjutnya lakukan hal selanjutnya dengan membagi nilai terendah.

- c. Hasil pada nilai SI sudah didapatkan sesuai dengan kriteria yang ada. Maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai vector sebagai berikut:

Gambar 3. Penentuan Nilai Vektor (V) Tahap 1

Pada Gambar 3 $VSK1 \geq VSK2$ adalah nilai vektor perhatikan tabel nilai SI, untuk mendapatkan nilai -0,73435655 adalah baris pertama pada kriteria yaitu 0,257142857 dikurangi 0,330579 maka hasilnya -0,73435655.

Angka -0,067420618 didapat dari kolom ke dua baris ke dua dari kapasitas yaitu 0,263157895 dikurangi 0,330579 hasilnya -0,067420618.

Nilai 0,163909774 didapat dari 0,257142857 dikurangi 0,421052632. Setelah itu -0,067420618 dikurangi 0,163909774 adalah -0,2313. Hasil

akhirnya -0,0734 dibagi -0,2313 hasilnya 0,31744923.

Lakukan hal yang sama pada $VSK1 \geq VSK3$ hanya berbeda letak kolom dan baris vektor sub kriteria 1 \leq vector sub kriteria 3. Dan pada $VSK2 \geq VSK1$, $VSK2 \geq VSK3$, $VSK3 \geq VSK1$ dan $VSK3 \geq VSK2$ perhatikan gambar di bawah ini:

$VSK2 \geq VSK1 =$	-0,198782079	-0,414120425	0,057443609	=	-0,4141	=	1,61623305
$VSK2 \geq VSK3 =$		-0,290153483		=	-0,2902	=	1,22158621
$VSK3 \geq VSK1 =$		-0,180078295	0,057443609	=	-0,2375	=	

Gambar 4. Penentuan Nilai Vektor (V) Tahap 2

$VSK2 \geq VSK1 =$	-0,198782079	-0,391265282	0,087218045	=	-0,3913	=	1,36805284
$VSK3 \geq VSK2 =$		-0,102007084		=	-0,102	=	0,65964799
$VSK3 \geq VSK1 =$		-0,067420618	0,087218045	=	-0,1546	=	

Gambar 5. Penentuan Nilai Vektor (V) Tahap 3

- d. Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai ordinat defuzzyfikasi (d') diantara 2 hasil maximal dan minimal untuk perhitungan ini yang diambil adalah nilai minimal. Berikut ini adalah gambaran prosesnya:

Nilai d' Min				
VSK1	\geq VSK2	=	0,317	
	\geq VSK3	=	0,694	
			0,317	
VSK2	\geq VSK1	=	1,616	
	\geq VSK3	=	1,222	
			1,222	
VSK3	\geq VSK1	=	1,368	
	\geq VSK2	=	0,660	
			0,660	
$w' = ($	0,317	1,222	0,660)

Gambar 6. Defuzzyfikasi (d')

Dalam menghitung VSK1 perhatikan Gambar 3 hasil dari $VSK1 \geq VSK2$ adalah 0,3174492 dan hasil dari $VSK1 \geq VSK3$ adalah 0,6939918. Setelah mendapatkan kedua nilai tersebut maka nilai minimalnya adalah 0,3174492.

Dalam menghitung VSK2 perhatikan Gambar 3 hasil dari $VSK2 \geq VSK1$ adalah 1,616233 dan hasil dari $VSK2 \geq VSK3$ adalah 1,2215862. Setelah mendapatkan kedua nilai tersebut maka nilai minimalnya adalah 1,2215862.

Dalam menghitung VSK3 perhatikan Gambar 3 hasil dari $VSK3 \geq VSK1$ adalah 1,3680528 dan hasil dari $VSK3 \geq VSK2$ adalah 0,659648. Setelah mendapatkan kedua nilai tersebut maka nilai minimalnya adalah 0,659648. Dari hasil penentuan defuzzyfikasi (d') pada Gambar 6 maka kita bisa mendapatkan nilai $W' = (0,317, 1,222 \text{ dan } 0,660)$ lalu $\sum W' = 2,199$.

- e. Setelah penentuan defuzzyfikasi (d') maka langkah selanjutnya adalah normalisasi nilai bobot vektor

(W), berikut adalah perhitungannya:

$\Sigma W =$	2,199		
	WK1 =	0,1443815	
	WK2 =	0,5555990	
	WK3 =	0,3000195	
W lokal =	0,1443815	0,5555990	0,3000195
	W lokal = 1,000		

Gambar 7. Normalisasi Nilai Bobot Vektor (W)

Hasil dari normalisasi diatas dijumlahkan keseluruhannya harus bernilai < 1 atau $= 1$, jika hasilnya > 1 maka perhitungan dinyatakan gagal. Bobot jarak adalah 0,1443815, bobot kapasitas adalah 0,555990 dan bobot daya adalah 0,3000195. Tahap selanjutnya adalah pengelompokan hasil keputusan di mana pada tahap ini penerapan metode Fuzzy AHP akan terlihat hasilnya. Berikut ini adalah proses perhitungan beserta pengelompokannya.

Tabel 13. Data Range Sub Kriteria

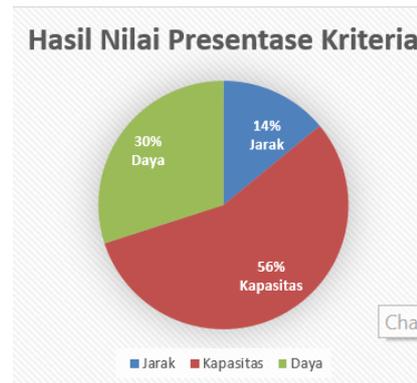
Kriteria	Subkriteria	Keterangan
Jarak dengan gardu terdekat	Luas	> 300 M
	Sedang	100 M - 299 M
	Dekat	< 100 M
Kapasitas gardu Terdekat	Berlebih	450 MVA
	Cukup	100 MVA - 449 MVA
Daya yang diajukan	Normal	< 100 MVA
	Tinggi	> 220 VA
	Menengah	20 VA - 219 VA
	Rendah	< 20 VA

Setelah data alternatif ditentukan dengan 100 pelanggan PLN Bintaro, kemudian lakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP*. Untuk mendapatkan hasil penempatan gardu dengan metode *Fuzzy AHP*, maka perhatikan kembali perhitungan *Fuzzy AHP* yang sudah dibuat di bawah ini:

Tabel 14. Normalisasi Nilai Bobot Vektor (W)

Global	Jarak	Kapasitas	Daya
Bobot (W)	0,1443815	0,5555990	0,3000195

Hasil dari pencarian nilai *wkn* diubah menjadi sebuah presentase, yang nantinya nilai tersebut dipakai sebagai bobot untuk menentukan kondisi dari setiap alternatif yang masuk.



Gambar 8. Hasil Nilai Presentase Kriteria

Selain itu perhatikan juga tabel di bawah ini saling terkait karena diperhitungan dilakukan pengkalian sesuai dengan kriteria dan subkriteria pada masing- masing alternatif.

Tabel 15. Nilai *Sintesis Fuzzy (Si)* Kriteria

Kriteria	Si		
	Sub Kriteria 1 (Jarak luas, Kapasitas berlebih, Daya tinggi)	Sub Kriteria 2 (Jarak sedang, Kapasitas cukup, Daya menengah)	Sub Kriteria 3 (Jarak dekat, Kapasitas normal, Daya rendah)
	U	M	L
Jarak	0,257142857	0,421052632	0,619834711
Kapasitas	0,205714286	0,263157895	0,330578512
Daya	0,228571429	0,315789474	0,495867769

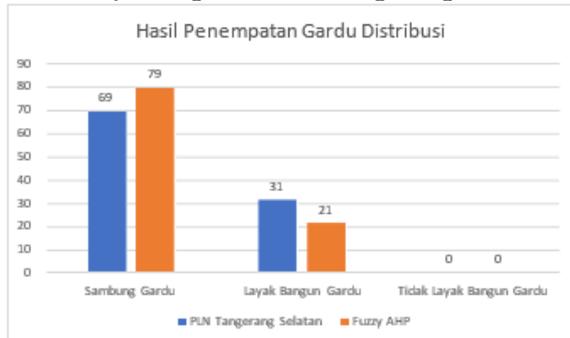
Selanjutnya data pelanggan PLN Bintaro di hitung dengan perhitungan Fuzzy AHP dengan cara sebagai berikut:

- i. Untuk pelanggan alternatif 1 dengan ketentuan,
 - Jarak : Luas
 - Kapasitas : Cukup
 - Daya : Tinggi
 - Jarak :
 nilai W pada jarak * jarak luas
 $0,1443815 * 0,257142857 = 0,037126674$
 - Kapasitas :
 nilai W pada kapasitas * kapasitas cukup
 $0,5555990 * 0,263157895 = 0,14621025$
 - Daya :
 nilai W pada daya * daya tinggi
 $0,3000195 * 0,228571429 = 0,06857589$
 - Total bobot :
 Jarak + kapasitas + daya
 $0,037126674 + 0,14621025 + 0,068575895 = 0,251912819$
 - Hasil di presentase menjadi 25% (sambung gardu), untuk lebih jelasnya berikut tabel presentase dan keterangannya:

Tabel 16. Presentase Status Gardu

Keterangan	Presentase
Layak bangun gardu	36%-50%
Sambung gardu	11%-35%
Tidak layak bangun gardu	1%-10%

Berdasarkan hasil perhitungan secara menyeluruh, maka didapatkan grafik hasil hitung sebagai berikut :



Gambar 9. Hasil Penempatan Gardu

Dari Gambar 9 dapat dilihat selisih dari hasil penempatan gardu distribusi PLN Bintaro. Untuk sambung gardu menggunakan Fuzzy AHP lebih besar yaitu 79% selisih 10 % dari penempatan gardu PLN Bintaro yaitu 69%. Sedangkan layak bangun gardu 21% menggunakan Fuzzy AHP lebih kecil dibanding perhitungan PLN Bintaro 31%. Dan untuk tidak layak bangun gardu ke duanya 0%.

Dengan demikian Sistem Pendukung Keputusan menggunakan metode Fuzzy AHP dapat menghemat dari segi finansial. Pada mulanya perhitungan PLN Bintaro 10% pelanggan layak bangun gardu. Namun dengan menggunakan metode Fuzzy AHP dapat menghemat sekitar 10% untuk sambung gardu.

Dengan menggunakan sistem pendukung keputusan metode Fuzzy AHP selisih 10%. Yakni pada perhitungan PLN 10% bangun gardu, pada Fuzzy AHP 10% sambung gardu. Dengan demikian penggunaan Fuzzy AHP dapat menghemat biaya bangun gardu. Dikarenakan pada penelitian ini pelanggan PLN yang layak bangun gardu masih dapat dilakukan sambung gardu dilihat dari kriteria dan bobot pada masing-masing kriteria tersebut dan dari hasil perhitungan menghasilkan sambung gardu.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dilakukan analisis berdasarkan kriteria yang merujuk pada penentuan status penempatan gardu,

mengacu pada pedoman yang telah dikeluarkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Bobot kategori dibentuk sebagai penentu status penempatan gardu, dan nilai yang diperoleh mencerminkan kondisi dari responden.

2. Kriteria kapasitas menjadi faktor dominan dalam mempengaruhi penempatan gardu, dengan presentase pengaruh sebesar 56%, melebihi pengaruh dari kriteria lainnya. Tingginya kapasitas gardu memberikan peluang untuk meningkatkan jumlah pelanggan. Analisis penempatan gardu dapat dilihat dari kriteria-kriteria data pelanggan, di mana jarak memegang peran paling rendah, daya berada pada posisi kedua, dan kapasitas memiliki peran paling penting.
3. Dari 100 pelanggan, sebanyak 79 pelanggan dapat disambungkan ke gardu yang sudah ada, sedangkan 21 pelanggan memerlukan pembangunan gardu baru. Hasil analisis ini menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan perhitungan PLN Bintaro, di mana terdapat selisih sebesar 10% pelanggan yang memerlukan gardu baru. Penggunaan Sistem Pendukung Keputusan dengan metode Fuzzy AHP berhasil menentukan bahwa hanya 10% pelanggan yang memerlukan gardu baru, menghindarkan PLN dari biaya pembangunan gardu yang dapat menimbulkan kerugian terutama pada aspek finansial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. F. Adline Twince Tobing, M. Iqbal Dzulhaq, And R. Fajar Sidiq, "Penerapan Metode Fuzzy Ahp Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pemasok Terbaik Program Studi Sistem Informasi Stmik Bina Sarana Global," *Ultima Computing*, Vol. Xi, No. 2, 2019.
- [2]. K. Indriani, I. Saputra, A. Yani, And A. Christian, "Evaluasi Kinerja Tim Penjualan: Pendekatan Fuzzy Ahp Dalam Model Mcdm Sales Team Performance Evaluation: Fuzzy Ahp Approach In Mcdm Model," Vol. 2024, No. 1, Pp. 131–144, Doi: 10.51132/Teknologika.V14i1.
- [3]. R. Fauzy, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Guru Les Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy-Ahp (Studi Kasus: English School Indonesia)," 2024. [Online]. Available: [Http://jurnal-itsi.org](http://jurnal-itsi.org)
- [4]. E. L. Jurnal And P.-I. Sains, "Analisis Pelepasan Beban Dengan Metode Analytic Hierarchy Process (Ahp) Pada Area Kuala Kencana Pt Freeport Indonesia," Vol. 5, No. 1, Pp. 2527–6336, 2023.
- [5]. F. S. Handayani, S. Setiono, And R. A. Basyir, "Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Dalam Pemilihan Green Supplier,"

- Matriks Teknik Sipil*, Vol. 11, No. 1, P. 41, Dec. 2023, Doi: 10.20961/Mateksi.V11i1.66447.
- [6]. S. Abidah, “Analisis Komparasi Metode Tsukamoto Dan Sugeno Dalam Prediksi Jumlah Siswa Baru,” *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, Vol. 7, No. 1, Pp. 57–63, Mar. 2016.
- [7]. A. T. Abza, “Identifikasi Tingkat Kepuasan Pelayanan Konsumen Industri Televisi Berlangganan Dengan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto,” *Jurnal Intra-Tech*, Vol. 2, No. 1, Pp. 16–30, Apr. 2018.
- [8]. V. R. Agustin And W. H. Irawan, “Aplikasi Pengambilan Keputusan Dengan Metode Tsukamoto Pada Penentuan Tingkat Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus Di Toko Kencana Kediri),” *Jurnal Matematika*, Vol. 4, No. 1, Pp. 11–15, Nov. 2015.
- [9]. L. P. Ayuningtias, M. Irfan, And Jumadi, “Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung),” *Jurnal Teknik Informatika*, Pp. 9–16, Apr. 2017.
- [10]. S. Bandyopadhyay, H. Mistri, P. Chattopadhyay, And B. Maji, “ Antenna Array Side Lobe Reduction By Implementing Non-Uniform Amplitude Using Tsukamoto Fuzzy Logic Controller.,” *International Journal Of Electronics & Communication Technology (Iject)*, Vol. 4, No. 1, Pp. 58–61, 2013.
- [11]. S. Batubara, “Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan,” *It Journal Research And Development*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–11, Aug. 2017.
- [12]. A. Ferdinand, *Metode Penelitian Manajemen*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2006.
- [13]. S. Kusumadewi And S. Hartati, *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [14]. S. Kusumadewi And H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Sistem Pendukung Keputusan Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [15]. P. Naser Ibrahim Saif Md, “The Effect Of Service Quality On Student Satisfaction: A Field Study For Health Services Administration Students.,” *International Journal Of Humanities And Social Science*, Vol. 4, No. 8, Jun. 2014