

IMPLEMENTASI METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK PEMILIHAN GARDU DISTRIBUSI BAGI PELANGGAN BARU



NURDITA FAHIRA
D121 19 1032



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024

**IMPLEMENTASI METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK
PEMILIHAN GARDU DISTRIBUSI BAGI PELANGGAN BARU**

**NURDITA FAHIRA
D121 19 1032**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**IMPLEMENTASI METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK
PEMILIHAN GARDU DISTRIBUSI BAGI PELANGGAN BARU**

NURDITA FAHIRA
D121 19 1032

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Sarjana Teknik Informatika

pada

**DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

IMPLEMENTASI METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* UNTUK PEMILIHAN GARDU DISTRIBUSI BAGI PELANGGAN BARU

NURDITA FAHIRA

D121 19 1032

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Teknik Informatika pada 23 Oktober
2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Sarjana Teknik Informatika
Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T
NIP 196108131988112001


Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.IT
NIP 197309221999031001



Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Ir. Indrabay, ST., MT., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng.
NIP 197507162002121004

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "*Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process Untuk Pemilihan Gardu Distribusi Bagi Pelanggan Baru*" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.IT sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Gowa, 20 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Nurdita Fahira
D121191032

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Implementasi Metode *Analytical Hierarchy Process* Untuk Pemilihan Gardu Distribusi Bagi Pelanggan Baru” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini:

1. Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T. selaku pembimbing I yang telah senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberi dukungan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.IT selaku pembimbing II yang telah memberikan dukungan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak Ismail dan Ibu Hasna, serta seluruh keluarga besar penulis, yang telah memberikan doa, dukungan emosional, dan bantuan materiil dalam memenuhi kebutuhan penulis.
4. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
5. Ibu Wany, Bapak Luthfil, Bapak Asdar, Bapak AB, Wafa, serta segenap staf PT PLN (Persero) UP3 Makassar Selatan yang senantiasa meluangkan waktu ditengah kesibukannya untuk berdiskusi terkait tugas akhir penulis.
6. Teman-teman selama masa kuliah dan teman-teman di lab Ubicon: Arfandy, Brilli, Sila, Artia, Agil, Rahma, Yusrah, Debi, Rajab, Rayyan, Fadhil, Marcel, Juan, Khalik, dan William, yang telah menjadi teman berdiskusi, memberi dorongan semangat, dan menghibur penulis di saat-saat sulit dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Sahabat-sahabat penulis di program Bangkit dan saat kerja praktek, Sila, Brilli, dan Artia, yang selalu menjadi teman berdiskusi, membantu dalam proses pengumpulan data, serta terus memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Saudara-saudari dari S19NIFIER yang telah memberikan nasihat, bantuan, dan semangat sepanjang masa kuliah.
9. Kepada Nanda dan Isna, terima kasih atas dukungan dan semangat yang telah diberikan kepada penulis untuk penyelesaian tugas akhir ini.
10. Dan tak lupa, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Gowa, 20 Agustus 2024
Penulis,

Nurdita Fahira

ABSTRAK

NURDITA FAHIRA. Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process Untuk Pemilihan Gardu Distribusi Bagi Pelanggan Baru (dibimbing oleh Ingrid Nurtanio dan Muhammad Niswar).

Energi listrik memainkan peran penting dalam mendukung berbagai aspek kehidupan modern, termasuk operasi kantor dan industri. Proses penyambungan pelanggan baru ke PLN melibatkan beberapa tahapan, dengan salah satu tahap kritis adalah pemilihan gardu distribusi yang tepat. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam sistem berbasis web untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemilihan gardu distribusi. Sistem ini mengintegrasikan empat kriteria utama: current load, kapasitas, jarak, dan estimated load. Penggunaan bobot kriteria yang ditentukan oleh stakeholder menunjukkan current load memiliki bobot tertinggi sebesar 43.95%, diikuti oleh estimated load sebesar 24.70%, kapasitas sebesar 21.26%, dan proximity sebesar 10.09%. Sistem berbasis web yang dikembangkan memberikan rekomendasi yang konsisten dengan perhitungan manual menggunakan Excel, dengan nilai consistency ratio sebesar 0.0467. Validitas sistem menunjukkan hasil yang sesuai dengan perhitungan manual, dengan perbedaan kecil karena pembulatan. Sistem ini menawarkan solusi yang efisien dan akurat untuk mendukung proses pemilihan gardu distribusi, memberikan referensi yang berguna bagi petugas survei lapangan sebelum melakukan survei. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk penyempurnaan sistem ini.

Kata kunci: Analytical Hierarchy Process (AHP), Sistem Berbasis Web, Pemilihan Gardu Distribusi, Pengambilan Keputusan.

ABSTRACT

NURDITA FAHIRA. Implementation of the Analytical Hierarchy Process Method for Selection of Distribution Substations for New Customers (supervised by Ingrid Nurtanio and Muhammad Niswar).

Electrical energy plays a vital role in supporting various aspects of modern life, including office and industrial operations. The process of connecting new customers to PLN involves several stages, with one critical stage being the selection of the appropriate distribution substation. This study aims to implement the Analytical Hierarchy Process (AHP) method in a web-based system to support decision-making in the selection of distribution substations. The system integrates four main criteria: current load, capacity, distance, and estimated load. The use of criteria weights determined by stakeholders shows that current load has the highest weight of 43.95%, followed by estimated load at 24.70%, capacity at 21.26%, and proximity at 10.09%. The developed web-based system provides recommendations consistent with manual calculations using Excel, with a consistency ratio value of 0.0467. The validity of the system shows results consistent with manual calculations, with minor differences due to rounding. This system offers an efficient and accurate solution to support the process of selecting distribution substations, providing useful references for field survey officers before conducting surveys. Further research is needed to refine this system.

Keywords: Analytical Hierarchy Process (AHP), Web-Based System, Distribution Substation Selection, Decision Support.

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Teori	15
1.3 Rumusan Masalah	19
1.4 Tujuan Penelitian.....	19
1.5 Manfaat Penelitian.....	20
1.6 Ruang Lingkup	20
BAB II METODE PENELITIAN	21
2.1 Lokasi Penelitian	21
2.2 Instrumen Penelitian.....	21
2.3 Tahapan Penelitian	21
2.4 Teknik Pengumpulan Data	23
2.5 Perancangan Sistem	24
2.6 Implementasi Sistem	30
2.7 Mengevaluasi Sistem	30
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	31
3.1 Hasil Penelitian.....	31
3.2 Pengujian Sistem	44
3.3 Pembahasan	47
BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
4.1 Kesimpulan.....	50
4.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
Gambar 1 Tahapan penelitian	21
Gambar 2 Angket perbandingan kriteria	23
Gambar 3 Data Gardu.....	23
Gambar 4 Data profil beban.....	23
Gambar 5 Data pelanggan.....	24
Gambar 6 <i>Flowchart</i> rancangan sistem	24
Gambar 7 Susunan hierarki model AHP Gardu Finder	25
Gambar 8 Diagram alur pembobotan kriteria menggunakan AHP	28
Gambar 9 Halaman login	38
Gambar 10 Halaman home formulir input.....	39
Gambar 11 Sub-halaman peta hasil pemeringkatan alternatif	39
Gambar 12 Sub-halaman daftar hasil pemeringkatan alternatif	40
Gambar 13 Pop-up konfirmasi	40
Gambar 14 Halaman daftar gardu (Admin).....	41
Gambar 15 Halaman daftar gardu (Viewer).....	41
Gambar 16 Halaman tambah gardu	42
Gambar 17 Halaman edit gardu.....	42
Gambar 18 Halaman daftar kriteria.....	43
Gambar 19 Halaman kuesioner	43
Gambar 20 Grafik perbandingan bobot antar-kriteria	47
Gambar 21 Grafik perbandingan nilai alternatif	48

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
Tabel 1 Skala perbandingan Saaty (Mayola dkk., 2023)	17
Tabel 2 Nilai Indeks Random terhadap jumlah matriks (Sudipa dkk., 2023)	19
Tabel 3 Spesifikasi <i>software</i>	21
Tabel 4 Spesifikasi <i>hardware</i>	21
Tabel 5 Daftar kriteria gardu	25
Tabel 6 Matriks perbandingan berpasangan	29
Tabel 7 Hasil perbandingan rata-rata geometris	31
Tabel 8 Hasil perhitungan bobot prioritas	31
Tabel 9 Hasil perhitungan <i>consistency vector</i>	32
Tabel 10 Nilai Eigen Maksimum λ_{max}	32
Tabel 11 Sampel alternatif	33
Tabel 12 Bobot prioritas alternatif terhadap kriteria C1	34
Tabel 13 Bobot prioritas alternatif terhadap kriteria C2	34
Tabel 14 Bobot prioritas alternatif terhadap kriteria C3	34
Tabel 15 Bobot prioritas alternatif terhadap kriteria C4	34
Tabel 16 Hasil preferensi alternatif	35
Tabel 17 Hasil pemeringkatan alternatif	35
Tabel 18 Bobot alternatif kasus 1 (geodesik)	35
Tabel 19 Nilai jarak kasus 1 (rute jalan)	36
Tabel 20 Bobot alternatif kasus 1 (rute jalan)	36
Tabel 21 Sampel alternatif 2	36
Tabel 22 Bobot alternatif kasus 2 (geodesik)	37
Tabel 23 Nilai jarak kasus 2 (rute jalan)	37
Tabel 24 Bobot alternatif kasus 2 (rute jalan)	37
Tabel 25 Hasil pengujian <i>black box</i>	44
Tabel 26 Hasil pengujian validitas	45
Tabel 27 Hasil uji akurasi kasus 1	45
Tabel 28 Hasil kesesuaian peringkat ke-1 sistem dengan stakeholder	46

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
A	Alternatif
C	Kriteria
CI	<i>Consistency Index</i>
CR	<i>Consistency Ratio</i>
RI	<i>Random Index</i>
n	Banyaknya Data
λ	<i>Eigenvector</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Matriks perbandingan berpasangan para ahli	53
Lampiran 2 Hasil pengujian akurasi dari 30 kasus	55
Lampiran 3 <i>Source Code</i> Sistem di Github.....	66
Lampiran 4 Lembar Perbaikan Skripsi.....	67
Lampiran 5 Riwayat Hidup.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern saat ini, energi listrik telah berkontribusi besar untuk menunjang kehidupan manusia dalam berbagai aspek. Manusia saat ini telah bergantung pada internet dan gawai dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Tanpa adanya energi listrik, perangkat elektronik seperti gawai tidak akan dapat berfungsi, pun dengan internet. Perkantoran dan perindustrian juga masif memanfaatkan energi listrik untuk menjalankan kegiatan operasional.

Menurut laporan Kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral), konsumsi listrik perkapita Indonesia pada tahun 2023 mencapai 1.285 kWh/kapita. Level konsumsi tersebut naik sekitar 9% dibanding tahun 2022. Adapun Kementerian ESDM menargetkan konsumsi listrik penduduk Indonesia bisa naik lagi, hingga mencapai 1.408 kWh/kapita pada akhir tahun 2024. Kementerian ESDM sudah menyiapkan sejumlah strategi untuk mendorong konsumsi tersebut, salah satunya dengan mengupayakan aliran listrik bisa menyala 24 jam sehari di seluruh pelosok negeri (Adi, 2024).

Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang telah ditetapkan sebagai Pemegang Kuasa Ketenagalistrikan (PKUK) (PLN, 2023), mendistribusikan listrik mulai dari pembangkit hingga ke properti milik pelanggan. Proses penyambungan listrik bagi pelanggan baru PLN melibatkan beberapa tahap terstruktur, dimulai dari pengajuan permohonan, verifikasi dokumen dan survei lokasi oleh petugas PLN, penetapan biaya dan pembayaran, pengajuan dan penerbitan Sertifikat Laik Operasi (SLO) serta Nomor Identitas Instalasi Distribusi (NIID), hingga pemasangan jaringan listrik oleh vendor dan penyalan listrik oleh petugas PLN. Proses ini berakhir dengan aktivasi layanan dan pemantauan oleh PLN (davidnoorma1, 2022).

Dalam tahap survei lokasi yang dilakukan oleh petugas distribusi (Erdiansyah, 2011), pemilihan gardu yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi penyaluran listrik dan mengurangi resiko kelebihan beban serta gangguan listrik. Petugas PLN yang melakukan survei lapangan bertanggung jawab untuk memastikan bahwa sambungan dilakukan berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Apabila sambungan yang dipasang kurang tepat, bisa memperbesar kemungkinan gardu *overload* dan *drop voltage* pada pelanggan. Dengan demikian, informasi yang akurat dan sistematis sangat penting untuk meminimalisir kesalahan sambungan.

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP sering digunakan untuk pemecahan masalah karena memiliki struktur hirarki yang mempertimbangkan validitas hingga batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan. Alat utama dalam AHP adalah hierarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. Dengan informasi dari stakeholder, sistem AHP dapat membantu dalam membuat keputusan yang optimal (Pribadi dkk., 2020).

AHP memungkinkan pemangku kepentingan untuk membandingkan berbagai faktor secara berpasangan dan menentukan bobot masing-masing faktor berdasarkan

tingkat kepentingannya. Proses ini membantu dalam mengidentifikasi alternatif terbaik dengan mempertimbangkan semua faktor yang relevan secara sistematis dan objektif.

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan implementasi sistem pendukung keputusan berbasis metode AHP untuk menentukan gardu yang tepat bagi pelanggan pasang baru. Sistem ini diharapkan dapat membantu dalam pemilihan gardu yang optimal, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko gangguan listrik.

1.2 Teori

1.2.1 Gardu distribusi

Merujuk pada Buku 4 PT PLN (Persero), Gardu Distribusi tenaga listrik adalah suatu bangunan gardu listrik berisi instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD), dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V) (Wibowo dkk., 2010, hlm. 4).

Transformator distribusi adalah salah satu komponen utama dalam gardu distribusi, terdiri dari dua atau lebih inti besi yang dililit dengan kawat tembaga. Transformator ini bekerja dengan mengubah tegangan berdasarkan jumlah lilitan pada inti trafo. Ketika lilitan primer diberikan tegangan AC (arus bolak-balik), ini menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah. Fluks magnetik ini kemudian menginduksi tegangan pada lilitan sekunder. Jika jumlah lilitan primer lebih banyak dibandingkan lilitan sekunder, transformator ini disebut trafo step down. Sebaliknya, jika jumlah lilitan primer lebih sedikit dibandingkan lilitan sekunder, disebut trafo step up (Ws, 2022).

Trafo distribusi memiliki kapasitas beragam mulai dari 25 kVA hingga 250 kVA. Jika beban yang ditampung oleh transformator distribusi melebihi 80% dari kapasitas transformator atau arus nominal, maka trafo disebut dikatakan overload (Samsurizal & Hadinoto, 2020).

1.2.2 Sistem AMR dan profil beban

Sistem AMR (Automatic Meter Reading) adalah teknologi yang memungkinkan pengukuran energi listrik secara otomatis. Teknologi ini dapat membaca data konsumsi listrik dari jarak dekat maupun jauh, dan pengukuran bisa dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan (Suliyanti dkk., 2022). Parameter yang dibaca pada umumnya terdiri dari pencatatan, pengukuran tertinggi, pengukuran sesaat dan profil beban (*load profile*) (Wiharja & Albahar, t.t.). Profil beban berisi pencatatan penggunaan pelanggan dalam interval waktu tertentu, seperti setiap 15 menit, dengan atribut-atribut berupa arus, tegangan, daya aktif (*active power*), daya semu (*apparent power*), dsb.

Atribut profil beban pelanggan yaitu daya semu pada penelitian ini digunakan untuk merepresentasikan penggunaan pelanggan untuk mendefinisikan beban dari gardu. Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA) (*Hal-Hal Penting Yang Perlu Anda Ketahui Tentang Daya Listrik | PT. Radius Allkindo Electric*, 2022). Dengan kata

lain, daya semu mengukur total beban listrik yang diambil dari suatu sistem (gardu), termasuk daya nyata dan reaktifnya.

1.2.3 Penyambungan listrik pelanggan baru

Pemasangan baru aliran listrik adalah proses pengusulan di mana calon pelanggan mengajukan permohonan kepada PT. PLN (Persero) untuk melakukan pemasangan baru tenaga listrik di lokasi yang sesuai dengan permintaan pelanggan (Erdiansyah, 2011).

Secara prosedural, pelanggan baru yang ingin mendapatkan sambungan listrik harus terlebih dahulu mendaftarkan permintaan melalui aplikasi online (PLN Mobile). Setelah pendaftaran, petugas akan memverifikasi informasi pelanggan. Langkah berikutnya adalah survei lokasi, di mana petugas akan menilai kondisi lingkungan dan menentukan bahan serta peralatan yang dibutuhkan. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran dan penentuan jarak antara titik penghubung dengan gardu terdekat. Berdasarkan hasil survei, petugas akan membuat rencana penyambungan yang mencakup diagram tangga dengan informasi biaya dan waktu pelaksanaan. Rencana ini kemudian disajikan kepada pelanggan untuk mendapatkan persetujuan sebelum dilanjutkan ke tahap pelaksanaan. Tahap akhir adalah pelaksanaan penyambungan, di mana petugas melaksanakan sambungan listrik sesuai dengan rencana yang telah disetujui. Setelah penyambungan selesai, pelanggan akan menerima tagihan biaya sambungan listrik yang telah dilakukan. Dengan mengikuti tahapan ini, PLN memastikan proses penyambungan listrik bagi pelanggan baru berjalan sesuai prosedur (Fachri dkk., 2023).

1.2.4 Sistem pendukung keputusan

Sistem pendukung keputusan (SPK) adalah sistem berbasis komputer yang mendukung proses pengambilan keputusan dengan memanfaatkan data dan model untuk menyelesaikan masalah semi-terstruktur dan tidak terstruktur. Tujuan utama SPK adalah untuk meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan dengan menyediakan informasi yang akurat dan tepat waktu. SPK membantu dalam mengolah data menjadi informasi yang dapat digunakan untuk membuat keputusan yang lebih baik. SPK juga memungkinkan pengambil keputusan untuk mengeksplorasi berbagai alternatif solusi dan menganalisis dampak dari setiap keputusan yang diambil (Pribadi dkk., 2020).

Adapun komponen-komponen SPK meliputi (Pribadi dkk., 2020) :

Manajemen data. Manajemen data termasuk database yang menyimpan data relevan untuk berbagai situasi, diatur oleh perangkat lunak yang disebut Sistem Manajemen Basis Data (DBMS).

Manajemen model. Manajemen model mencakup model finansial, statistik, ilmu manajemen, atau berbagai model kualitatif lainnya yang memberikan kemampuan analitis kepada sistem dan perangkat lunak manajemen yang diperlukan.

Komunikasi. Komunikasi memungkinkan pengguna berinteraksi dengan SPK melalui antarmuka (interface).

1.2.5 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty sebagai model pendukung keputusan yang menguraikan masalah multi kriteria kompleks menjadi suatu hierarki. Menurut Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level di mana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah sampai level terakhir dari alternatif (Pribadi dkk., 2020).

Konsep AHP dimulai dengan membangun struktur masalah keputusan menjadi sebuah hirarki. Dalam setiap tingkat hirarki, objek-objek dibandingkan secara berpasangan dengan objek yang berada di tingkat atasnya, yang dianggap sebagai objek superior. Dari perbandingan berpasangan ini, prioritas lokal dari setiap objek ditentukan. Prioritas lokal ini kemudian diagregasikan melalui hirarki untuk mendapatkan prioritas global. Proses agregasi ini menggabungkan prioritas dari semua level hirarki untuk menetapkan bobot atau nilai prioritas akhir pada setiap alternatif yang sedang dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan (Krejčí & Stoklasa, 2018). Prinsip dasar AHP menurut Saaty (1994) adalah sebagai berikut (Sudipa dkk., 2023):

Dekomposisi. Masalah dipecah menjadi elemen-elemen kecil yang dapat dianalisis secara terpisah.

Penentuan Komparasi. Elemen-elemen dibandingkan secara berpasangan untuk menilai kepentingan relatifnya menggunakan skala 1 hingga 9 seperti yang disajikan pada Tabel 1, yang kemudian ditampilkan dalam matriks perbandingan berpasangan.

Tabel 1 Skala perbandingan Saaty (Mayola dkk., 2023)

Intensitas kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya (<i>Equal Importance</i>).
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dibanding elemen lainnya.
5	Elemen yang satu lebih penting dibanding elemen yang lainnya.
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting dibanding elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

Sintesis Prioritas. Dari matriks perbandingan berpasangan, dihitung *eigenvector* untuk menadapatkan prioritas lokal, yang kemudian disintesis untuk mendapatkan prioritas global. Proses ini melibatkan pemeringkatan elemen-elemen melalui prosedur sintesis yang disebut pengaturan prioritas.

AHP digunakan untuk memberikan rekomendasi solusi terhadap masalah multi-objektif dengan membandingkan preferensi dari setiap elemen dalam hierarki. Implementasi AHP meliputi langkah-langkah berikut (Sudipa dkk., 2023) :

Pertama. Merumuskan masalah dan solusi yang diharapkan.

Kedua. Menyusun struktur hierarki mulai dari tujuan utama hingga ke elemen-elemen yang lebih rinci.

Ketiga. Prioritas elemen dengan cara membandingkan elemen-elemen secara berpasangan lalu hasil perbandingan diisi ke dalam matriks perbandingan berpasangan. Dalam penelitian ini, karena ada lebih dari satu matriks perbandingan berpasangan yang digunakan, maka dibuatlah satu matriks agregat. Matriks agregat ini dihitung dengan metode rata-rata geometrik, yaitu dengan cara mengambil rata-rata geometrik dari elemen-elemen pada setiap baris di semua matriks perbandingan.

Keempat. Mencari nilai bobot dengan cara menghitung jumlah setiap kolom dalam matriks, lalu membagi setiap nilai kolom dengan total nilai kolom untuk mendapatkan matriks yang ternormalisasi, kemudian menghitung rata-rata setiap baris untuk mendapatkan nilai prioritas. Alternatif lain untuk mencari bobot prioritas adalah dengan menggunakan pendekatan geometris. Berdasarkan penelitian Krejčí & Stoklasa, penggunaan *weighted geometric mean* (WGM) lebih unggul dibandingkan *weighted arithmetic mean*, karena WGM lebih konsisten, tidak bergantung pada teknik normalisasi, dan tidak menimbulkan masalah peringkat yang tidak diharapkan (Krejčí & Stoklasa, 2018). Pendekatan geometris dalam menghitung bobot prioritas dilakukan dengan cara menghitung rata-rata geometris dari setiap baris untuk membentuk vektor geometris, kemudian menormalisasi vektor tersebut untuk mendapatkan bobot prioritas.

Kemudian, dilakukan uji konsistensi (Sudipa dkk., 2023) dengan cara menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR). Perhitungan nilai CR dapat dilihat pada langkah-langkah dibawah ini :

Pertama. Untuk setiap baris dalam matriks perbandingan berpasangan, setiap elemen dikalikan dengan prioritas relatif dari elemen yang bersesuaian. Hasil kali dari setiap elemen ini kemudian dijumlahkan untuk memperoleh total nilai dari baris tersebut.

Kedua. Nilai total hasil penjumlahan dari setiap baris tersebut kemudian dibagi dengan nilai prioritas relatif dari elemen yang sama untuk menghasilkan rata-rata elemen, yang disebut sebagai nilai eigen maksimum. Membagi hasil penjumlahan dengan prioritas untuk mendapatkan nilai rata-rata elemen (λ_{maks}).

Ketiga. Menghitung indeks konsistensi atau *consistency index* (CI) dengan menggunakan persamaan (1) .

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Keterangan:

CI : Indeks konsistensi

λ_{maks} : Nilai eigenvector maksimum

n : banyak elemen

Indeks Konsistensi digunakan untuk mengukur sejauh mana matriks perbandingan berpasangan mendekati konsistensi sempurna.

Keempat. Setelah menghitung CI, langkah selanjutnya adalah menghitung rasio konsistensi (CR) dengan persamaan (2).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Keterangan:

CR : Rasio konsistensi

CI : Indeks konsistensi

RI : Indeks random, nilai untuk indeks random disajikan pada Tabel 2 di bawah.

Kelima. Memeriksa konsistensi hierarki dengan mengukur rasio konsistensi. Jika nilai $CR > 0.1$, maka penilaian harus diperbaiki; jika $CR < 0.1$, maka penilaian dianggap konsisten.

Tabel 2 Nilai Indeks Random terhadap jumlah matriks (Sudipa dkk., 2023)

Ukuran matriks	Nilai RI
1 dan 2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.48
13	1.56
14	1.57
15	1.59

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana metode *Analytical Hierarchy Process* dapat diterapkan dalam sistem berbasis web untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemilihan gardu distribusi bagi pelanggan baru?
2. Bagaimana hasil keputusan dari sistem berbasis web yang menggunakan metode AHP dalam pemilihan gardu distribusi?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam sistem berbasis web untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemilihan gardu distribusi bagi pelanggan baru.

2. Mengevaluasi hasil keputusan dari sistem berbasis web yang menggunakan metode AHP dalam pemilihan gardu distribusi, untuk memastikan keakuratan dan efektivitas sistem dalam kondisi nyata.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. **Bagi PLN:** Meningkatkan efisiensi pemilihan gardu distribusi, yang dapat mengurangi risiko kelebihan beban dan gangguan listrik.
2. **Bagi Akademisi dan Peneliti:** Menambah literatur dan studi kasus tentang penggunaan metode AHP dalam pemilihan lokasi distribusi listrik, yang dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya..

1.6 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu:

1. Penelitian ini berfokus pada pelanggan pasang baru perorangan.
2. **Data yang digunakan:** Penelitian ini hanya menggunakan data dari PLN UP3 Makassar Selatan dan data pelanggan di wilayah ULP Panakuk kang.
3. **Kriteria Pemilihan:** Kriteria yang digunakan dalam AHP adalah jarak (*proximity*), kapasitas (*capacity*), beban gardu saat ini (*current load*), dan estimasi beban gardu (*estimated load*).
4. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode AHP.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan sejak bulan Juni 2023 di Laboratorium *Ubiquitous Computing and Networking* Teknik Informatika Universitas Hasanuddin.

2.2 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

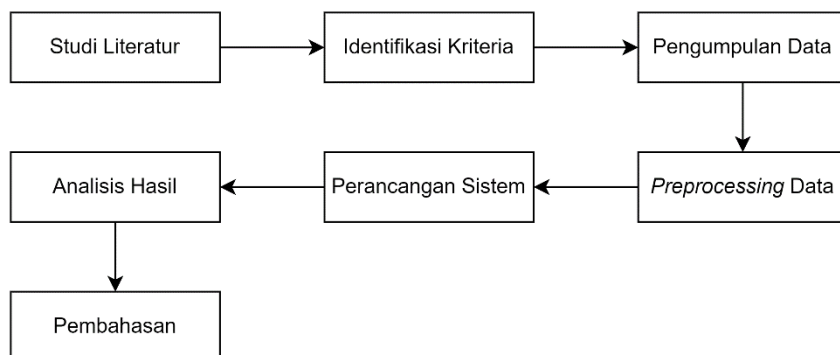
Tabel 3 Spesifikasi *software*

Komponen	Spesifikasi
OS	Windows 10
Bahasa	Python, Javascript
Framework	Flask
Tools	Visual Studio code, Google Collaboratory, Microsoft Excel
Database	Postgresql

Tabel 4 Spesifikasi *hardware*

Komponen	Spesifikasi
Jenis	Dell Latitude 3410
Processor	IntelCore i3
RAM	8GB

2.3 Tahapan Penelitian



Gambar 1 Tahapan penelitian

2.3.1 Studi literatur

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan masalah penelitian, yaitu tentang kelistrikan dan sistem pendukung keputusan. Studi literatur ini melibatkan pencarian informasi dari jurnal, buku, dan studi-studi terdahulu.

2.3.2 Identifikasi Kriteria

Sebelum data dikumpulkan, penelitian ini melibatkan diskusi dan observasi untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria yang relevan dalam pemilihan gardu. Melalui konsultasi dengan pegawai PLN, ditentukan bahwa ada empat kriteria utama yang harus dipertimbangkan dalam proses pemilihan gardu, yaitu jarak gardu ke pelanggan, kapasitas trafo, tingkat pembebanan trafo saat ini, dan estimasi beban trafo. Kriteria-kriteria ini menjadi dasar dalam pengumpulan data yang relevan untuk penelitian ini.

2.3.3 Pengumpulan data

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil dari kantor PLN UP3 Makassar Selatan, mencakup beberapa kategori data penting. Pertama, data gardu, yang meliputi total 903 unit gardu dengan detail seperti nomor gardu, lokasi (dinyatakan dalam koordinat *latitude* dan *longitude*), serta kapasitas gardu. Kedua, data pelanggan yang mencakup informasi seperti id pelanggan, nama, tarif, daya, nomor gardu, lokasi pelanggan, dan lainnya, dari total 137.603 pelanggan. Ketiga, data profil beban yang merupakan rekaman pembacaan meter dari 316 pelanggan per-lima belas menit selama bulan Desember 2023. Data ini meliputi arus, faktor daya, daya aktif, dan *apparent power* (daya semu).

2.3.4 Preprocessing data

Setelah pengumpulan data, dilakukan proses *preprocessing* untuk membersihkan data dari *missing value*, memastikan konsistensi dan keakuratan data sebelum digunakan pada proses pembuatan sistem pendukung keputusan.

2.3.5 Perancangan sistem

Pada tahap perancangan sistem, penulis akan mengaplikasikan metode yang telah dipilih untuk mengolah data lebih lanjut. Setelah proses pengolahan data, penulis akan merancang *database* dan merancang *website* sebagai antarmuka pengguna.

2.3.6 Analisis hasil

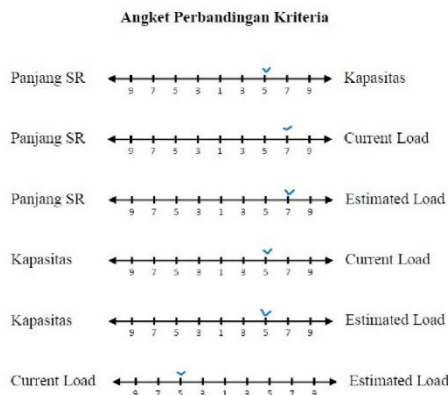
Pada tahap ini, penulis akan mengevaluasi output dari model AHP untuk melihat keakuratan dalam memilih gardu.

2.3.7 Pembahasan

Selanjutnya, dalam tahap terakhir, penulis akan menyusun laporan penelitian yang akan diformat sebagai skripsi untuk mendokumentasikan proses dan hasil penelitian secara rinci.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis data: data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui distribusi kuesioner kepada para stakeholder di kantor PLN UP3 Makassar Selatan, bertujuan untuk mengumpulkan penilaian mereka mengenai kriteria yang diaplikasikan dalam model AHP, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Angket perbandingan kriteria

Sementara itu, data sekunder yang dikumpulkan meliputi data historis profil beban pelanggan, daftar gardu, serta data pelanggan, yang semuanya tersedia dalam format excel, seperti yang ditunjukkan masing-masing pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5.

	A	B	C	D	E	F
1	LOCATION	NOMOR_GARDU	LATITUDEY	LONGITUDEX	KAPASITAS	UNIT
2	GD01.01679354	GD321110158	-5,141848878	119,451961	400	ULP.32111
3	GD01.01679355	GD321110750	-5,148593812	119,4729247	200	ULP.32111
4	GD01.01679356	GD321111668	-5,145397854	119,4601511	1000	ULP.32111
5	GD01.01679357	GD321111538	-5,158444048	119,4413605	100	ULP.32111
6	GD01.01679358	GD321111540	-5,15881037	119,4372983	100	ULP.32111
7	GD01.01679359	GD321110775	-5,158297	119,440075	100	ULP.32111
8	GD01.01679360	GD321110777	-5,158704173	119,4434583	160	ULP.32111
9	GD01.01679361	GD321110784	-5,157985	119,439005	160	ULP.32111
10	GD01.01679362	GD321110774	-5,162272927	119,4438777	250	ULP.32111
11	GD01.01679363	GD321110921	-5,158639681	119,4366466	200	ULP.32111
12	GD01.01679364	GD321110783	-5,158453	119,436826	200	ULP.32111
13	GD01.01679365	GD321110924	-5,15739	119,439182	200	ULP.32111
14	GD01.01679366	GD321110920	-5,157871824	119,4387882	160	ULP.32111

Gambar 3 Data Gardu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	LOCATIO	SITE_COD	METER_CODE	PERIODE	READ_DATE	VOLTAGE_L1	VOLTAGE_L2	VOLTAGE_L3	CURRENT_L1	CURRENT_L2	CURRENT_L3	POWER_F	ACTIVE_P	REACTIVE_P	APPAREN	KWH	EXP	KWH												
2	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 00:00:00	231,57224	233,37589	231,65813	0,18441951	0,1791288	0,29779217	-0,9668	142,9455	0	151,4542	0														
3	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 00:15:00	231,58942	233,71945	232,27652	0,2222104	0,17761716	0,27965254	-0,9668	146,349	0	156,5594	0														
4	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 00:30:00	231,65813	233,70227	232,43112	0,23581512	0,20180333	0,28947818	-0,9668	158,2611	0	168,4715	0														
5	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 00:45:00	232,34523	233,77098	232,3796	0,17888461	0,2222104	0,30157125	-0,9668	153,1559	0	163,3663	0														
6	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 01:00:00	232,39799	234,73293	232,9808	0,17837298	0,17232643	0,30535033	-0,9668	142,9455	0	151,4542	0														
7	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 01:15:00	232,49983	234,66422	233,0667	0,2350593	0,17308225	0,30081543	-0,9668	154,8577	0	165,0681	0														
8	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 01:30:00	232,58572	234,16606	233,10104	0,21918713	0,2479082	0,28796655	-0,9668	163,3663	0	175,2785	0														
9	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 01:45:00	232,75749	234,6814	233,0667	0,18895443	0,17383806	0,28192	-0,9668	139,5421	0	149,7525	0														
10	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 02:00:00	232,87773	234,81882	233,03233	0,18593115	0,17157061	0,28645492	-0,9668	141,2438	0	149,7525	0														
11	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 02:15:00	232,9121	234,99059	233,34154	0,22372204	0,18290788	0,29174563	-0,9668	153,1559	0	161,6646	0														
12	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 02:30:00	233,47896	234,73293	233,5133	0,18290788	0,24639657	0,290234	-0,9668	158,2611	0	166,7698	0														
13	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 02:45:00	233,65074	235,47157	233,5133	0,16552408	0,15947753	0,2947689	-0,9668	134,4369	0	142,9455	0														
14	32110096	32111	217221734	202312	01/12/2023 03:00:00	233,54767	235,6777	233,9943	0,20784986	0,15116353	0,26755947	-0,9668	136,1386	0	144,6473	0														

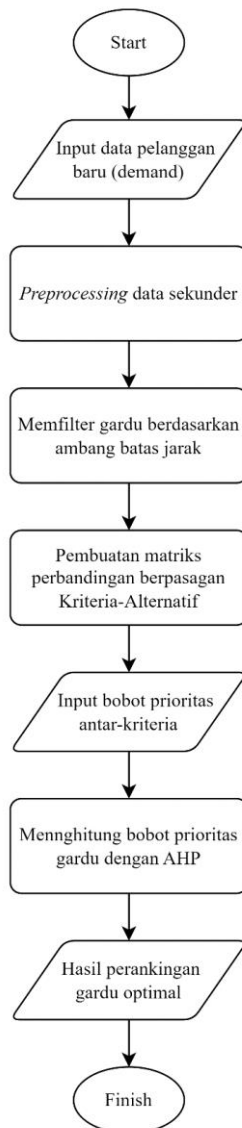
Gambar 4 Data profil beban

	A	B	C	D	E	F	G	P	Q	V	W	Z	AA	AB	AW	BR	CR	CS	CW
1	V_BULAN	IDPEL	UNITUPI	UNITAP	UNITUP	NAMA	NAMAPN	TARIF	DAYA	TGLNYALA	TGLRUBAH	FTARIF_PB	DAYA_PB	FKMKWH	NOMOR	KOORDIN	KOORDIN	STATUS_D	
2	202312	32111001132	32AMS	32111	32111	PR.BUKIT NIPA NIP RIT			1300	06/06/2016	10/02/2020	R1T	1300		1	GD3211110	-5.169008	119.50531	AKTIF
3	202312	32111001132	32AMS	32111	32111	PR.ILMA D TAMANGA R2T			3500	10/06/2016	30/04/2021	R1T	1300		1	GD3211111	-5.187229	119.49394	AKTIF
4	202312	32111001132	32AMS	32111	32111	LEWEN DG SUPU R1T			1300	21/07/2016	21/07/2016	R1T	1300		1	GD3211110	-5.159188	119.49824	AKTIF
5	202312	32111001132	32AMS	32111	32111	ABD RASY MON EMY R1T			1300	28/07/2016	10/08/2020	R1T	1300		1	GD3211110	-5.177861	119.44874	AKTIF
6	202312	32111001132	32AMS	32111	32111	MASJID AI KOMP PR S2T			7700	01/08/2016	18/12/2021	S2T	1300		1	GD3211110	-5.162656	119.49091	AKTIF
7	202312	32111001132	32AMS	32111	32111	P DAENG IMANGGA R1T			1300	01/08/2016	19/12/2016	R1T	1300		1	GD3211110	-5.162853	119.49265	AKTIF
8	202312	32111023132	32AMS	32111	32111	ADRIANA RECING CERIMT			900	21/02/2019	21/02/2019	R1MT	900		1	GD3211110	-5.144284	119.44935	AKTIF
9	202312	32111023132	32AMS	32111	32111	SUKMAW BORONG IRIM			900	11/03/2019	11/03/2019	R1M	900		1	GD3211111	-5.160831	119.46717	AKTIF
10	202312	32111023132	32AMS	32111	32111	TELLO KO URIP SUM B1			5500	22/02/2019	22/02/2019	B1	5500		1	GD3211110	-5.146340	119.46897	AKTIF
11	202312	32111023132	32AMS	32111	32111	HJ MARYA AP PETTAI R1MT			900	22/02/2019	22/02/2019	R1MT	900		1	GD3211111	-5.146115	119.44290	AKTIF
12	202312	32111023132	32AMS	32111	32111	ARSYAD MERANTI B1			3500	22/02/2019	22/02/2019	B1	3500		1	GD3211111	-5.159268	119.45554	AKTIF
13	202312	32120275132	32AMS	32111	32111	MESJID UN LOMO RIA S2			1300	14/08/2012	25/01/2022				1	GD3211111	-5.164109	119.47842	AKTIF
14	202312	32120275132	32AMS	32111	32111	HI & SUTR TOHNDRI R2			3500	27/08/2017	03/04/2020				1	GD3211111	-5.158153	119.45413	AKTIF

Gambar 5 Data pelanggan

2.5 Perancangan Sistem

Rancangan sistem dapat dilihat pada diagram alur berikut:

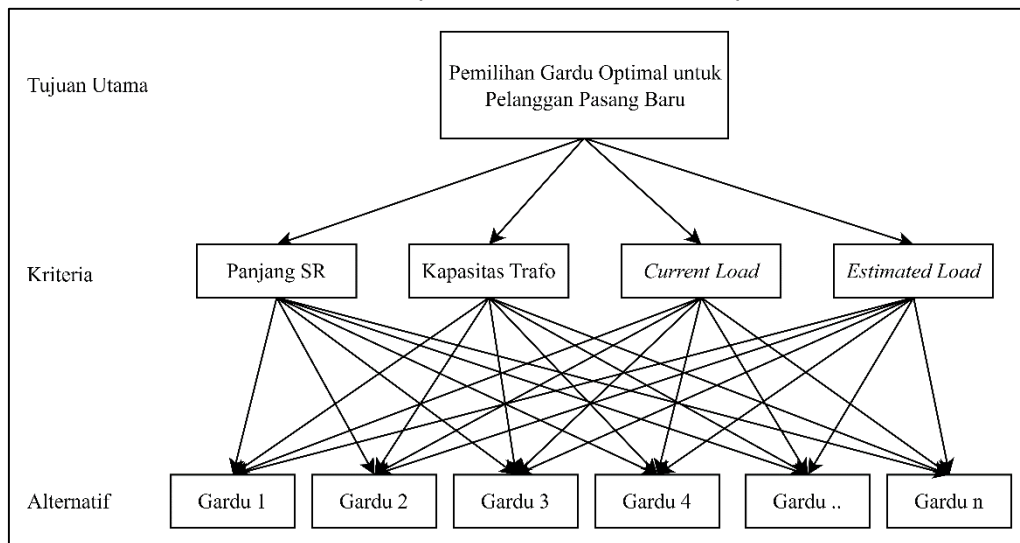


Gambar 6 Flowchart rancangan sistem

Sistem yang akan dikembangkan akan menerima input data pelanggan baru (*data demand*) berupa kategori sambungan, daya yang diinginkan pelanggan, dan lokasi properti pelanggan (koordinat *latitude* dan *longitude*). Selanjutnya, sistem akan memfilter gardu yang berada dalam radius jarak tertentu. Data gardu tersebut, sebagai alternatif, akan diproses menggunakan metode AHP bersama dengan data bobot prioritas antar-kriteria hingga menghasilkan bobot prioritas untuk penentuan peringkat gardu optimal.

2.5.1 Struktur hierarki AHP

Struktur hierarki model AHP dalam penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 7.



Gambar 7 Susunan hierarki model AHP Gardu Finder

Pada tingkat pertama, terdapat tujuan utama model, yaitu memilih gardu listrik yang paling optimal untuk pelanggan baru. Tingkat kedua memperkenalkan empat kriteria penilaian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Daftar kriteria gardu

No	Kode Kriteria	Nama kriteria
1	C1	Panjang SR
2	C2	Kapasitas Trafo
3	C3	<i>Current Load</i>
4	C4	<i>Estimated Load</i>

Penjelasan kriteria:

- Panjang SR: Mengukur jarak langsung dari pelanggan ke gardu atau tiang terdekat.
- Kapasitas trafo: Menunjukkan total kapasitas beban yang dapat ditanggung oleh trafo.
- Current Load*: Persentase beban trafo saat ini.
- Estimated Load*: Persentase beban trafo apabila terjadi sambungan listrik ke properti pelanggan baru.

Pada tingkat ketiga, terdapat pilihan alternatif berupa gardu-gardu yang telah diseleksi berdasarkan batasan jarak tertentu, dengan jumlah gardu sebanyak n sesuai dengan hasil penyaringan.

2.5.2 Preprocessing data

Data cleaning. Tahapan pertama dalam pengolahan data yang telah dikumpulkan adalah mengidentifikasi dan menghapus data gardu anomali. Proses ini melibatkan penelusuran dan eliminasi data gardu yang terlihat melebihi kapasitas. Misalnya, dari analisis data diketahui bahwa beberapa gardu terdaftar dengan kapasitas 200kVA, tetapi terdapat pelanggan dengan daya 240kVA yang tersambung di dalamnya. Situasi ini tidak selalu menunjukkan *overcapacity* gardu, melainkan bisa disebabkan oleh beberapa kemungkinan alasan seperti kesalahan input atau kondisi di mana pelanggan tersebut memiliki dua gardu di lokasi, namun hanya satu gardu yang tercatat dalam data. Untuk menghitung penggunaan pelanggan tersebut, meter dipasang pada sisi *incoming*. Oleh karena itu, data gardu-gardu ini dikeluarkan dari analisis untuk menjaga konsistensi dan akurasi hasil penelitian. Jumlah awal data gardu yang mencapai 903 gardu berkurang menjadi 859 gardu setelah proses ini.

Data selection. Pada tahap selanjutnya, dilakukan seleksi pada data pelanggan. di mana pelanggan yang berada dalam ULP Panakukang dengan daya lebih dari 200kVA dikecualikan dari analisis karena kecenderungan memiliki infrastruktur pribadi atau mendapatkan pasokan listrik dari lebih dari satu gardu (menurut informasi dari pihak PLN). Lalu, hanya data pelanggan yang berstatus 'aktif' yang disertakan dalam analisis. Jumlah awal data pelanggan adalah 137.603 pelanggan, setelah diseleksi menjadi 129.478 pelanggan.

Imputasi data untuk profil beban. Untuk mengatasi ketidaklengkapan data profil beban pelanggan, dilakukan imputasi data dengan cara mengelompokkan pelanggan berdasarkan tarif dan daya mereka. Nilai rata-rata daya semu (*apparent power*) dari pelanggan dalam setiap kelompok tarif-daya digunakan untuk mengestimasi profil beban bagi pelanggan yang tidak memiliki data yang lengkap. Langkah pertama adalah menghitung persentil ke-95 untuk data daya semu dari setiap pelanggan yang profil bebannya diketahui. Kemudian, pelanggan dibagi ke dalam kelompok berdasarkan kombinasi tarif dan daya yang mereka miliki. Untuk setiap kelompok, dihitung nilai rata-rata dari daya semunya. Nilai rata-rata ini kemudian digunakan sebagai pengganti nilai daya semu atau *apparent power* bagi pelanggan dalam kelompok yang sama yang tidak memiliki data profil beban.

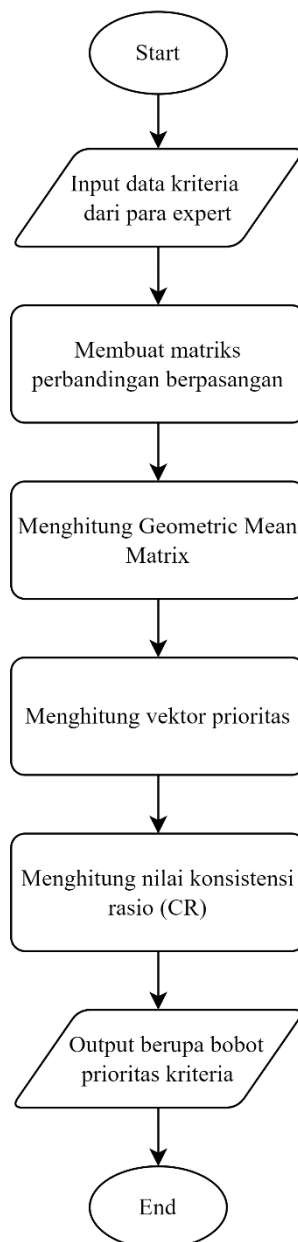
Threshold Jarak. Untuk mengurangi jumlah gardu yang dianalisis dan memfokuskan pada gardu yang relevan, ditetapkan sebuah *threshold* jarak. Berdasarkan data jarak antara pelanggan dan gardu yang terkumpul dari dataset, diambil nilai persentil 90% jarak tersebut sebagai *threshold*. Gardu yang jaraknya ke properti pelanggan-baru lebih dari 385,7 meter dikecualikan dari analisis,

sehingga hanya gardu yang paling relevan yang dipertimbangkan dalam proses pemilihan menggunakan AHP, mengingat total gardu yang cukup banyak.

Data Integration. Dataset gardu, pelanggan, dan profil beban digabungkan untuk analisis lebih lanjut. Proses ini melibatkan penyesuaian kunci penggabungan seperti idpel (id pelanggan) dan nomor gardu.

2.5.3 Penerapan metode AHP

Proses pembobotan kriteria. Penerapan AHP dimulai dengan pembobotan kriteria, yang melibatkan pengumpulan input dari para ahli di bidang distribusi listrik. Setiap ahli diminta untuk menilai pentingnya satu kriteria relatif terhadap kriteria lain menggunakan skala Saaty yang berkisar dari 1 sampai 9. Data yang kemudian diperoleh diubah menjadi matriks perbandingan berpasangan. Diagram alur proses pembobotan kriteria menggunakan metode AHP dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8 Diagram alur pembobotan kriteria menggunakan AHP

Penjelasan diagram:

1. Pengumpulan data dari para ahli

Data diperoleh melalui kuesioner yang didistribusikan kepada delapan ahli di bidang distribusi listrik. Para ahli memberikan penilaian mereka terhadap kriteria yang telah ditetapkan dengan memberi bobot dari 1 sampai 9. Respons dari para ahli ini kemudian dikompilasi untuk dijadikan dasar dalam

pembuatan matriks perbandingan berpasangan. Kuesioner tersebut diilustrasikan pada Gambar 2 yang telah ditampilkan sebelumnya.

2. Pembuatan matriks perbandingan berpasangan
Matriks perbandingan berpasangan dibuat berdasarkan penilaian dari para ahli. Matriks ini memuat penilaian relatif antarkriteria, di mana setiap elemen matriks menunjukkan seberapa penting satu kriteria dibandingkan dengan kriteria lain dalam konteks pemilihan gardu untuk pelanggan pasang baru.
3. Perhitungan *geometric mean* dan normalisasi matriks
Setelah matriks perbandingan dibuat, *geometric mean* dari jawaban-jawaban di matriks dihitung untuk mendapatkan sebuah matriks perbandingan agregat yang menggambarkan pendapat umum para ahli. Berdasarkan Kode Kriteria pada Tabel 5, berikut adalah matriks agregat yang telah didapatkan dari penilaian para ahli. Adapun secara rinci, matriks perbandingan berpasangan dari masing-masing ahli dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Tabel 6 Matriks perbandingan berpasangan

C	C1	C2	C3	C4
C1	1	0,32187	0,30242	0,45707
C2	3,10684	1	0,29907	0,9448
C3	3,30663	3,34370	1	1,4491
C4	2,18786	1,05842	0,69008	1

4. Menghitung vektor prioritas
Setelah memiliki matriks perbandingan berpasangan, selanjutnya ialah menghitung vektor prioritas. Ini dilakukan dengan menghitung rata-rata geometrik setiap baris matriks, yang kemudian dinormalisasi untuk menghasilkan bobot prioritas.
5. Menghitung nilai *consistency ratio* (CR)
Setelah menghitung vektor prioritas atau bobot prioritas, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi konsistensi matriks perbandingan dengan menghitung *consistency ratio* (CR). CR dihitung dengan membagi *consistency index* (CI) dengan nilai *random index* (RI), yang didapat dari Tabel 2. CI dihitung menggunakan bobot prioritas. Jika nilai CR kurang dari 0.1, matriks dianggap konsisten. Jika lebih, perlu dilakukan perhitungan ulang dengan skala perbandingan yang baru.

Proses pembobotan alternatif. Alternatif yang dievaluasi dalam penelitian ini adalah gardu-gardu yang berada di dalam radius yang ditentukan oleh *threshold* jarak. Hanya gardu yang terletak di dalam *threshold* jarak ini yang dianggap sebagai alternatif yang potensial. Untuk setiap kriteria, dibuat sebuah matriks perbandingan berpasangan dibuat antar-semua alternatif yang tersaring. Matriks ini diisi berdasarkan evaluasi data yang tersedia. Selanjutnya, penghitungan bobot untuk setiap alternatif, proses ini serupa dengan pembobotan kriteria: menghitung *geometric mean* dari matriks, normalisasi matriks, dan menghitung vektor prioritas.

Terakhir, bobot dari semua kriteria digabungkan berdasarkan bobot kriteria untuk mendapatkan skor total untuk setiap alternatif. Proses ini menghasilkan peringkat akhir dari gardu berdasarkan kesesuaian gardu tersebut untuk memenuhi spesifikasi kebutuhan yang telah ditentukan. Aplikasi dari metode AHP pada pembobotan alternatif akan dibahas secara lebih rinci dan spesifik di Bab 3.

2.6 Implementasi Sistem

Dalam penelitian ini, sistem yang dibuat merupakan sistem pendukung keputusan yang akan membantu dalam pengambilan keputusan dari beberapa alternatif yang tersedia, dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang telah ditentukan. Implementasi sistem ini meliputi beberapa tahapan utama, yaitu:

1. *Website*: Sebagai sarana tampilan visual dari hasil pemeringkatan gardu. Alat yang digunakan untuk pembuatan website adalah Visual Studio Code sebagai editor teks, Flask untuk sisi *backend*.
2. *Database*: Untuk menyimpan dan mengelola data, *database* yang digunakan adalah *database* relasional PostgreSQL.
3. *Metode*: Metode yang diimplementasikan dalam penelitian ini adalah metode AHP, yang bertujuan untuk menghasilkan keputusan yang baik dan sesuai.

2.7 Mengevaluasi Sistem

Pada penelitian ini, evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pemeringkatan dari metode AHP dengan hasil pemeringkatan yang dilakukan oleh stakeholder. Selain itu, pengujian juga akan dilakukan menggunakan metode black box untuk menguji dan memastikan bahwa program yang telah dibuat berfungsi dengan baik.