

# Analysis of Load Requirements at ULP Tondano in 2045 Using a Load Growth Strategy

Analisi Kebutuhan Beban di ULP TONDANO Tahun 2045 Menggunakan Strategi  
Pertumbuhan Beban

Yuan Indriani Mantiri, Glanny M. C. Mangindaan, Sartje Silimang

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mail: [yuanmantiri023@student.unsrat.ac.id](mailto:yuanmantiri023@student.unsrat.ac.id), [glanny\\_m@unsrat.ac.id](mailto:glanny_m@unsrat.ac.id),  
[sartje.silimang@unsrat.ac.id](mailto:sartje.silimang@unsrat.ac.id)

[sartje.silimang@unsrat.ac.id](mailto:sartje.silimang@unsrat.ac.id)

Glanny Mangindaan

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

**Abstract** — Economic growth and increasing population in the Tondano region have led to a significant rise in electricity demand each year. ULP Tondano, as the electricity service provider, is responsible for ensuring a reliable and sufficient power supply. This study aims to analyze the projected electricity load requirements up to the year 2045 and propose strategies to mitigate potential overloads, particularly on the SS2 Telap feeder. The method used is linear regression analysis based on connected power data from 2017 to 2024 to forecast the load for the next 20 years. The results indicate that electricity demand increases linearly, with an average annual growth of 2%, reaching 72.10 MVA by 2045. Furthermore, calculations on the capacity of substations on the SS2 Telap feeder show that the current load remains within safe limits. As a preventive strategy, the addition of new substations and the replacement of conductors with larger diameters are recommended to enhance network reliability and minimize the risk of power disturbances.

**Key words**— ULP Tondano; load forecasting; linear regression; overload mitigation.

**Abstrak** — Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk di wilayah Tondano menyebabkan lonjakan kebutuhan energi listrik setiap tahunnya. ULP Tondano sebagai penyedia layanan kelistrikan memiliki tanggung jawab untuk memastikan pasokan listrik yang andal dan mencukupi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan kebutuhan beban listrik hingga tahun 2045 serta merumuskan strategi penanggulangan terhadap potensi kelebihan beban, khususnya pada penyulang SS2 Telap. Metode yang digunakan adalah analisis regresi linear terhadap data daya tersambung tahun 2017–2024 untuk meramalkan kebutuhan beban 20 tahun mendatang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan daya listrik mengalami peningkatan linear dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2% per tahun, mencapai 72,10 MVA pada tahun 2045. Selain itu, perhitungan terhadap kapasitas gardu di penyulang SS2 Telap menunjukkan bahwa beban masih dalam batas aman. Sebagai strategi antisipatif, disarankan penambahan gardu baru dan penggantian konduktor dengan diameter lebih besar guna meningkatkan keandalan jaringan dan meminimalisir risiko gangguan.

**Kata kunci** — ULP Tondano; peramalan beban; regresi linear; kelebihan beban.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di wilayah Tondano menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dari tahun ke tahun. Fenomena ini didorong oleh berbagai faktor, antara lain pertumbuhan ekonomi daerah, peningkatan jumlah penduduk, perkembangan sektor industri dan komersial, serta percepatan kemajuan teknologi yang mendorong penggunaan peralatan listrik dalam

skala yang lebih luas. Kombinasi dari faktor-faktor tersebut tidak hanya meningkatkan jumlah permintaan energi, tetapi juga mengubah pola konsumsi listrik di masyarakat. Apabila pertumbuhan ini tidak diantisipasi melalui perencanaan dan pengelolaan yang tepat, ketidakseimbangan antara pasokan dan kebutuhan energi dapat menimbulkan risiko serius terhadap keandalan sistem kelistrikan, termasuk potensi terjadinya kelebihan beban dan pemadaman listrik. PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Tondano memiliki peran strategis dalam memastikan tersedianya pasokan listrik yang handal dan berkesinambungan bagi masyarakat, industri, dan sektor komersial di wilayah tersebut. Salah satu area fokus utama adalah Feeder SS2 Telap, yang menjadi penyulang dengan cakupan jaringan distribusi terluas di Tondano. Meskipun memiliki peran penting dalam distribusi daya, feeder ini kerap mengalami gangguan akibat kondisi lingkungan, seperti keberadaan pohon dan medan yang sulit diakses untuk pemeliharaan, serta faktor teknis yang mempengaruhi stabilitas sistem. Wilayah cakupan Feeder SS2 Telap masih memiliki potensi pengembangan yang signifikan, mengingat tersedianya lahan kosong dan kepadatan penduduk yang relatif rendah. Hal ini membuka peluang pembangunan permukiman baru, perluasan fasilitas publik, serta pengembangan sektor industri di masa mendatang. Kondisi ini diproyeksikan akan meningkatkan beban listrik secara signifikan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan kajian peramalan (forecasting) kebutuhan beban listrik agar strategi penyaluran daya dapat direncanakan secara optimal untuk mengantisipasi lonjakan permintaan di masa depan. Peramalan kebutuhan beban listrik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode regresi linear berdasarkan data historis beban dari tahun 2017 hingga 2024. Analisis ini bertujuan untuk memproyeksikan kebutuhan beban hingga tahun 2045 dan mengevaluasi kemampuan kapasitas gardu eksisting dalam memenuhi permintaan yang terus meningkat. Rumusan masalah yang diangkat mencakup identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan beban listrik serta perumusan strategi yang dapat diterapkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, khususnya pada Feeder SS2 Telap. Penelitian ini dibatasi pada penggunaan data kebutuhan beban tahunan dan data jaringan ULP Tondano, dengan fokus pada analisis proyeksi beban hingga tahun 2045 serta rekomendasi teknis yang dapat mendukung peningkatan keandalan sistem distribusi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pihak PLN dalam merancang kebijakan teknis dan investasi infrastruktur, baik melalui penambahan

gardu baru maupun peningkatan kapasitas komponen jaringan, sehingga pasokan listrik dapat terjaga stabil, efisien, dan memenuhi standar keandalan yang dibutuhkan oleh konsumen.

#### A. Beban Listrik

Pada dasarnya, distribusi energi listrik disalurkan ke berbagai sektor utama yang mencakup sektor rumah tangga, industri, komersial, dan bisnis. Masing-masing sektor tersebut memiliki ciri khas tersendiri dalam penggunaan energi, karena pola konsumsi listrik sangat dipengaruhi oleh aktivitas dan kebutuhan spesifik para penggunanya. Salah satu contoh yang paling menonjol adalah pada sektor perumahan, di mana pola bebannya dikenal sangat dinamis. Konsumsi listrik di sektor ini cenderung berfluktuasi secara signifikan, tergantung pada waktu penggunaan, kebiasaan penghuni, serta peralatan listrik yang digunakan. Perbedaan karakteristik beban antar sektor ini menjadi aspek penting dalam perencanaan dan manajemen sistem kelistrikan yang efisien [1]. Daya listrik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$S = P + jQ \quad (1)$$

Keterangan:

$S$  = daya semu (VA)

$P$  = daya nyata (Watt)

$Q$  = daya reaktif (VAr)

#### B. Karakteristik Beban

Memahami karakteristik beban listrik merupakan aspek krusial dalam perencanaan dan pengoperasian sistem kelistrikan, karena menjadi landasan untuk memastikan sistem dapat berfungsi secara efisien dan mencapai kinerja optimal. Analisis beban yang dilakukan dengan tepat memungkinkan operator sistem mengelola energi sesuai kebutuhan secara efektif. Karakteristik beban ini mencakup beberapa istilah penting, di antaranya beban terpasang, yaitu total kapasitas beban listrik yang berpotensi dioperasikan pada waktu tertentu dan mencerminkan kemungkinan beban maksimum; beban maksimum, yaitu nilai beban tertinggi yang dapat ditangani sistem atau instalasi dalam periode tertentu dan menjadi acuan penentuan kapasitas; faktor kebutuhan, yaitu perbandingan antara beban puncak dengan total daya terpasang untuk menunjukkan tingkat pemanfaatan kapasitas; faktor beban, yaitu rasio antara energi listrik yang digunakan secara nyata dengan kapasitas maksimum yang tersedia selama periode tertentu sebagai indikator efisiensi pemakaian daya; serta faktor daya, yaitu perbandingan antara daya nyata (real power) yang digunakan beban dengan daya semu (apparent power) yang diperlukan sistem, yang menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan energi listrik. [2]

##### 1) Kebutuhan Beban (Demand)

Permintaan energi dari konsumen yang muncul pada waktu-waktu tertentu mengharuskan perusahaan listrik untuk menyiapkan kapasitas sistem yang mampu menangani lonjakan beban, termasuk penyediaan daya cadangan. Pelayanan harus diberikan secara langsung tanpa penundaan, karena pelanggan menginginkan akses listrik secara instan saat dibutuhkan. Ketika banyak konsumen menggunakan listrik secara bersamaan, pola konsumsi membentuk kurva beban yang menunjukkan periode puncak dan lembah. Dalam kondisi beban puncak, pembangkit listrik harus beroperasi pada kapasitas maksimal, sementara pada saat permintaan rendah,

sebagian besar kapasitas tidak terpakai, yang berdampak pada efisiensi sistem. [3]

Lonjakan permintaan listrik atau yang dikenal sebagai beban puncak dapat terjadi dalam rentang waktu yang bervariasi, mulai dari satu jam, harian, mingguan, bulanan, hingga tahunan. Puncak permintaan ini merujuk pada tingkat konsumsi tertinggi yang tercatat dalam suatu periode tertentu. Umumnya, pengukuran dilakukan dalam interval waktu pendek, seperti setiap 15 menit, 30 menit, atau dalam beberapa kasus hingga 60 menit, guna mendapatkan data yang lebih akurat terkait fluktuasi penggunaan energi. [4]

##### 2) Beban Terpasang

Beban terpasang mengacu pada jumlah total kapasitas dari seluruh beban listrik yang tercantum pada nameplate peralatan dan instalasi yang digunakan. Hubungan antara beban puncak (maksimum) dengan daya terpasang mencerminkan sejauh mana seluruh peralatan tersebut digunakan secara bersamaan atau simultan. Hal ini penting karena total daya terpasang sangat memengaruhi karakteristik pelayanan beban di suatu sistem. Sebagai contoh, sektor industri dan komersial umumnya menunjukkan tingkat penggunaan simultan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sektor rumah tangga. Estimasi daya terpasang dapat diperoleh melalui survei langsung di lapangan maupun dari data sekunder yang disediakan oleh instansi atau perusahaan penyedia Listrik. [5]

##### 3) Beban Rata-Rata

Beban rata-rata ( $Br$ ) menggambarkan perbandingan antara total energi yang digunakan dengan lamanya waktu dalam suatu periode tertentu. Untuk periode tahunan, nilai ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 1, yang memberikan gambaran mengenai tingkat pemakaian daya rata-rata sepanjang tahun. Konsep ini penting dalam analisis efisiensi sistem dan perencanaan kapasitas energi. [6]

$$Br = \frac{kWh \text{ yang terpakai selamasetahun}}{365 \times 24} \quad (2)$$

##### 4) Faktor Beban

Faktor beban diartikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata terhadap beban maksimum yang tercatat dalam suatu rentang waktu tertentu. Beban maksimum ( $Bp$ ) yang dimaksud bisa berupa nilai puncak sesaat atau rata-rata beban tertinggi dalam interval waktu tertentu, umumnya dicatat dalam periode 15 hingga 30 menit. Untuk melakukan proyeksi nilai faktor beban di masa mendatang, analisis dapat dilakukan dengan mengacu pada data statistik historis yang tersedia, sehingga menghasilkan estimasi yang lebih akurat dalam perencanaan sistem kelistrikan. [6]

$$Lf = \frac{Br}{Bp} \quad (3)$$

Keterangan:

$Lf$  = Faktor Beban

$Br$  = Beban rata-rata

$Bp$  = Beban Puncak

##### 5) Faktor Kebutuhan

Faktor kebutuhan adalah perbandingan antara beban puncak dengan total daya terpasang, yang mencerminkan seberapa efisien sistem memanfaatkan kapasitas listriknnya.

$$Fd = \frac{Bp}{Bc} \quad (4)$$

Keterangan:

Fd = Faktor Kebutuhan

Bc = Beban Terpasang

Bp = Beban Puncak

Nilai faktor permintaan selalu berada di bawah angka satu karena tidak semua beban terpasang digunakan secara bersamaan. Besaran faktor ini dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain kapasitas total beban terpasang dan karakteristik penggunaan daya. Misalnya, bangunan komersial seperti toko, pusat perbelanjaan, kantor, serta fasilitas industri umumnya memiliki faktor permintaan tinggi karena tingkat pemanfaatan energinya besar. Sebaliknya, fasilitas seperti gudang atau pabrik yang beroperasi secara berkala, seperti pabrik reaksi, biasanya memiliki faktor permintaan yang rendah. [4]

### C. Katagori Beban (Jenis-jenis Beban)

Beban dapat dibagi dalam katagori-katagori antara lain :

#### 1) Biaya Konsumsi Listrik

Biaya konsumsi listrik di sektor perumahan mencerminkan beban sosial karena mencakup berbagai kebutuhan sehari-hari, seperti penggunaan lampu, kipas angin, AC, televisi, radio, pemutar audio, kulkas, setrika, komputer, dan peralatan elektronik rumah tangga lainnya. Pada sektor ini, kebutuhan listrik umumnya berkisar antara 70% hingga 100%, faktor diversitas berada pada kisaran 1,2 hingga 1,3, serta faktor beban berkisar antara 10% hingga 15%.

#### 2) Beban Komersil

Beban komersial memiliki karakteristik dengan faktor kebutuhan berkisar antara 90% hingga 100%, faktor diversitas berada pada kisaran 1,1 hingga 1,2, serta faktor beban berkisar antara 25% hingga 30%.

#### 3) Beban Industri

Beban industri terdiri dari beberapa kategori, yaitu industri rumah tangga dengan kapasitas 5 kW, industri skala kecil dengan kapasitas 5–25 kW, industri skala menengah dengan kapasitas 25–100 kW, dan industri skala besar dengan kapasitas 100–500 kW. Untuk industri skala besar, faktor kebutuhan berkisar antara 70% hingga 80%, faktor diversitas berada pada kisaran 1,1 hingga 1,2, serta faktor beban berkisar antara 60% hingga 65%.

#### 4) Industri Berat

Industri berat dengan kapasitas lebih dari 500 kW memiliki faktor kebutuhan berkisar antara 85% hingga 90%, faktor diversitas berada pada kisaran 1,1 hingga 1,2, serta faktor beban berkisar antara 70% hingga 80%.

### D. Faktor – Faktor yang memengaruhi pertumbuhan beban

Untuk memprediksi kebutuhan energi di masa depan, terdapat berbagai elemen penting yang berperan dalam memengaruhi tingkat permintaan energi. Faktor-faktor ini menjadi dasar dalam menyusun peramalan energi secara akurat, yaitu:

#### 1) Pertumbuhan Ekonomi (pendapatan konsumen)

Pertumbuhan sektor ekonomi secara langsung berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan energi listrik. Seiring

naiknya tingkat pendapatan masyarakat, pola konsumsi pun ikut berubah—masyarakat cenderung membeli lebih banyak peralatan rumah tangga berbasis listrik untuk menunjang aktivitas harian mereka. Kondisi ini menyebabkan lonjakan konsumsi energi secara bertahap, yang mencerminkan bahwa pertumbuhan ekonomi menjadi salah satu pemicu utama peningkatan permintaan listrik di berbagai lapisan masyarakat. [8]

#### 2) Kepadatan Penduduk

Tingkat kepadatan dan pertumbuhan jumlah penduduk menunjukkan hubungan yang saling berkaitan dan cenderung searah. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan dasar manusia termasuk energi Listrik ikut mengalami lonjakan. Populasi yang besar secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas domestik, industri, dan komersial yang semuanya memerlukan pasokan energi dalam jumlah besar. Dalam konteks ini, wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi cenderung memiliki konsumsi listrik yang jauh lebih besar dibandingkan daerah yang jarang penduduknya. Dengan kata lain, semakin padat suatu kawasan, semakin besar pula permintaan terhadap energi listrik yang harus dipenuhi untuk mendukung kehidupan dan produktivitas masyarakatnya. [4]

#### 3) Elastisitas dan Faktor Pelanggan

Elastisitas menggambarkan sejauh mana perubahan pasar memengaruhi respons konsumen dan produsen. Dalam konteks permintaan, elastisitas menunjukkan seberapa sensitif permintaan terhadap suatu barang ketika terjadi perubahan harga atau faktor lainnya. Elastisitas konsumsi listrik sendiri mencerminkan hubungan antara pertumbuhan ekonomi diukur melalui (PDRB) dan peningkatan kebutuhan listrik. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi, biasanya diikuti dengan lonjakan konsumsi energi. Sementara itu, Customer Factor (CF) atau faktor pelanggan menunjukkan hubungan antara jumlah pelanggan listrik dan pertumbuhan (PDRB). Nilai ini penting dalam memproyeksikan kebutuhan listrik berdasarkan pertambahan pengguna dari waktu ke waktu. [3]

#### 4) Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan indikator ekonomi yang menunjukkan total nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh pelaku usaha di suatu wilayah dalam periode tertentu. Dengan kata lain, PDRB mencerminkan nilai keseluruhan barang dan jasa akhir yang diproduksi di daerah tersebut oleh berbagai sektor ekonomi. Dalam penggunaannya, PDRB atas dasar harga berlaku dimanfaatkan untuk mengidentifikasi perubahan struktur ekonomi daerah dari waktu ke waktu. Sementara itu, PDRB atas dasar harga konstan digunakan untuk mengukur laju pertumbuhan ekonomi secara riil dari tahun ke tahun, karena telah menghilangkan pengaruh inflasi. [3]

### E. Peramalan

Peramalan merupakan proses membuat perkiraan atau estimasi mengenai suatu peristiwa yang kemungkinan besar akan terjadi di masa depan, yang biasanya didasarkan pada analisis data historis, tren yang sedang berlangsung, serta berbagai faktor pendukung lainnya. Tujuan utamanya adalah membantu pengambilan keputusan yang lebih akurat dan strategis di berbagai bidang seperti ekonomi, bisnis, dan perencanaan pembangunan. Dalam bidang teknik, khususnya

teknik listrik, peramalan digunakan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik (Demand Forecasting) dan beban energi listrik (Load Forecasting) yang dimodelkan secara matematis. Hasil peramalan dimanfaatkan untuk merencanakan pemenuhan kebutuhan maupun pengembangan penyediaan energi listrik, dengan fungsi utama membuat rencana kebutuhan (demand) yang dinyatakan dalam kuantitas sebagai fungsi waktu. Meskipun tidak mungkin mencapai akurasi 100% karena adanya ketidakpastian masa depan, pemilihan metode yang tepat dapat meminimalkan tingkat kesalahan dan menghasilkan perkiraan yang mendekati kondisi sebenarnya. Berdasarkan jangka waktunya, peramalan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu peramalan jangka panjang (long-term forecasting) yang memprediksi keadaan dalam kurun waktu tahunan, peramalan jangka menengah (mid-term forecasting) yang memprediksi dalam skala bulanan atau mingguan, dan peramalan jangka pendek (short-term forecasting) yang memprediksi dalam skala harian hingga tiap jam.

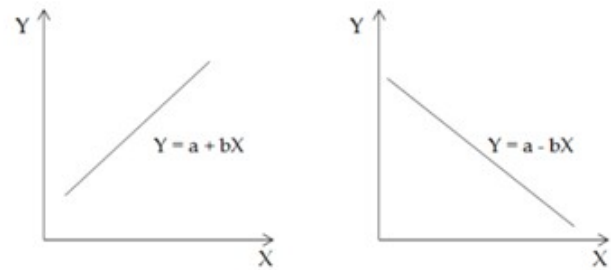
#### F. Alternatif untuk memenuhi kebutuhan beban yang semakin meningkat

Penambahan gardu baru dalam sistem kelistrikan memberikan manfaat signifikan dari sisi teknis, ekonomi, dan keandalan jaringan. Secara teknis, gardu baru mampu mengurangi masalah overload pada sistem distribusi dengan membagi beban, sehingga kualitas penyaluran energi listrik meningkat dan risiko pemadaman berkurang, serta memastikan ketersediaan daya yang stabil dan andal, terutama di daerah dengan permintaan tinggi. Dari sisi efisiensi, penambahan gardu baru dapat menurunkan kerugian daya dengan mendistribusikan listrik secara lebih efisien, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja keseluruhan sistem. Selain itu, dari aspek keamanan, gardu baru berperan dalam mengisolasi kesalahan pada jaringan distribusi sehingga jika terjadi gangguan, dampaknya dapat diminimalkan, sekaligus melindungi peralatan dan meningkatkan keselamatan pengguna listrik di sekitarnya.

#### G. Metode Regresi

##### 1) Pengertian Metode Regresi Linear

Metode regresi, atau analisis regresi, adalah teknik yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana suatu variabel memengaruhi variabel lainnya. Disebut regresi linier karena hubungan kedua variabel tersebut, ketika digambarkan pada grafik dengan sumbu X dan sumbu Y, membentuk pola garis lurus. Garis ini merepresentasikan hubungan matematis antara variabel bebas dan variabel terikat, yang kemudian dimanfaatkan untuk analisis maupun peramalan. Sebagaimana dinyatakan pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Regresi Linear

Berdasarkan Gambar 1, maka metode regresi linier membentuk garis lurus. Penggunaan metode regresi akan menganalisis hubungan antara dua variabel, diantaranya :

- Variabel independen, yang umumnya dilambangkan dengan huruf X, adalah variabel bebas yang memiliki peran sebagai faktor yang memengaruhi atau menentukan perubahan pada variabel lainnya. Dalam analisis statistik, variabel ini berfungsi sebagai input atau penyebab yang pengaruhnya akan dianalisis terhadap variabel terikat (dependent variable).
- Variabel dependen, yang biasanya dilambangkan dengan huruf Y, adalah variabel terikat yang nilainya dipengaruhi oleh perubahan pada variabel lain. Dalam analisis penelitian, variabel ini menjadi hasil atau keluaran (output) yang diukur untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang diberikan oleh variabel bebas (independent variable).

##### 2) Metode Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana merupakan metode analisis statistik yang bertujuan mengidentifikasi dan mengukur hubungan sebab-akibat antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Teknik ini tidak hanya membantu memahami besarnya pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya, tetapi juga digunakan untuk peramalan mutu serta volume produksi, baik dari sisi kualitas maupun kuantitas, berdasarkan data yang tersedia. [12]

Bentuk persamaan regresi linear sederhana yaitu :

$$Y = a + bX \quad (5)$$

Keterangan:

Y= Variabel akibat (Dependent)

X= Variabel penyebab (Independent)

a= Konstanta

b= besaran response yang ditimbulkan oleh predictor.

Sedangkan untuk menghitung nilai a dan b di gunakan perasamaan rumus sebagai berikut :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (6)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (7)$$

Keterangan:

$\sum xy$  : Jumlah Komulutatif waktu di kalikan data storis

$\sum x^2$  : Jumlah rata-rata jangka waktu dikuadratkan

$\sum y$  : Jumlah rata-rata data beban listrik

$\sum x$  : Jumlah rata-rata waktu

n : Jumlah data

## II. METODE

Riset ini berlangsung di lingkungan kerja PT PLN ULP Tondano. Data yang disajikan merupakan hasil rekapitulasi atau data aktual yang diperoleh dari PT PLN ULP Tondano dengan persetujuan resmi dari PT PLN UP3 Manado untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai kebutuhan beban listrik di ULP Tondano hingga tahun 2045.

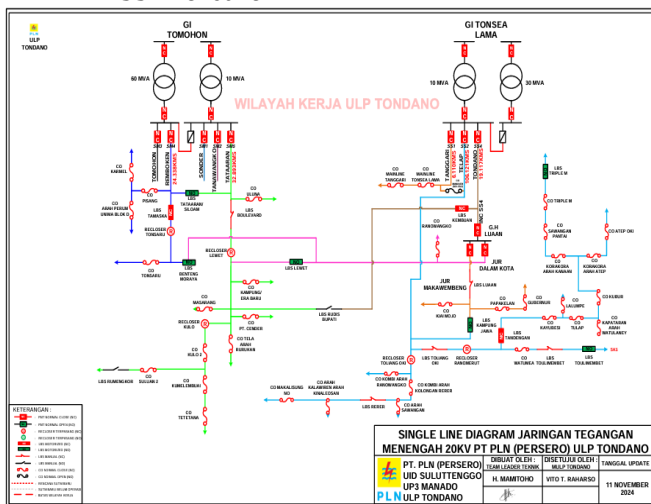
### A. Single Line Diagram ULP Tondano

Gambar 2 merupakan sistem penyaluran tenaga Listrik di Tondano, dimana sistem ini di supply dari GI Tomohon dan GI Tonsealama, melalui lima jalur distribusi (feeder) dengan tegangan 20 kV. Dari Gardu Induk Tomohon, terdapat dua penyulang yang mendapatkan pasokan dari dua transformator daya berkapasitas masing-masing 60 MVA dan 10 MVA, yaitu:

- SM4 Remboken
- SM5 Tataaran

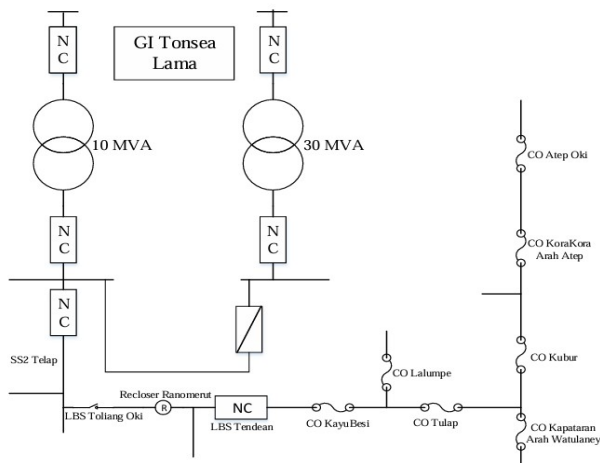
Sementara itu, tiga penyulang lainnya yang juga berasal dari Gardu Induk Tomohon dan mendapatkan suplai dari satu transformator daya berkapasitas 10 MVA adalah:

- SS1 Tanggari
- SS2 Telap
- SS4 Tondano



Gambar 2. SLD ULP Tondano

### B. SLD Feeder SS2 Telap



Gambar 3. SLD SS2 Telap

### C. Data Pertumbuhan

Tahun	Beban Listrik (MW)
2017	23.16935
2018	25.5103
2019	26.78495
2020	28.4612
2021	30.3363
2022	32.4912
2023	34.0957
2024	35.27345

Tahun	Laju Pertumbuhan pertahun(%)
2017	0,94
2018	0,91
2019	0,83
2020	1,68
2021	0,48
2022	0,49
2023	0,47
2024	0,46

Tahun	Laju Pertumbuhan pertahun(%)
2017	5,08
2018	5,15
2019	4,92
2020	-2,76
2021	3,46
2022	4,96
2023	5,05
2024	5,00

### D. Data Jaringan

Nama Lokasi Gardu	Daya	Arus		
		R	S	T
MDT 11 Telap	100	40	74	47
MDT 02 Touliang Oki	100	85	81	59
MDT 04 Ranomerut	100	43	41	71
MDT 06 Tandengan	100	58	70	81
MO 13 Kayu Besi	25	60	0	0
MO 08 Lalumpe	100	42	31	33
MO 09 Tulap	50	44	40	45
MO 32 Kapantaran	50	12	58	7
MO 50 Kubur	160	87	51	72
MO 40 Kora-kora	25	1	8	0
MO 28 Atep Oki	160	35	10	36

TABEL V  
DATA JARINGAN TEGANGAN SS2 TELAP

Nama Lokasi Gardu	Daya	Tegangan P-P		
		R	S	T
MDT 11 Telap	100	409	414	410
MDT 02 Touliang Oki	100	423	425	420
MDT 04 Ranomerut	100	409	410	416
MDT 06 Tandengan	100	410	414	412
MO 13 Kayu Besi	25	407	416	403
MO 08 Lalumpe	100	414	410	402
MO 09 Tulap	50	411	415	420
MO 32 Kapantaran	50	404	413	409
MO 50 Kubur	160	418	420	413
MO 40 Kora-kora	25	407	410	416
MO 28 Atep Oki	160	410	415	405

TABEL VI  
DATA JARINGAN TEGANGAN SS2 TELAP

Nama Lokasi Gardu	Daya	Beban Malam		
		Rata-Rata	KVA	%
MDT 11 Telap	100	53,67	37,972923	38%
MDT 02 Touliang Oki	100	87,33	62,700967	63%
MDT 04 Ranomerut	100	60,33	40,003187	43%
Nama Lokasi Gardu	Daya	Beban Malam		
		Rata-Rata	KVA	%
MDT 06 Tandengan	100	73,66	52,251767	52%
MO 13 Kayu Besi	25	88	19,888	80%
MO 08 Lalumpe	100	37,67	26,912457	27%
MO 09 Tulap	50	43	30,57429	61%
MO 32 Kapantaran	50	81	3,345	7%
MO 50 Kubur	160	75	55,40325	35%
MO 40 Kora-kora	25	3	2,11233	8%
MO 28 Atep Oki	160	32	22,6976	14%

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Perhitungan Peramalan Beban Sampai Tahun 2045

TABEL VII  
HASIL PERAMALAN

Tahun	Beban Listrik (MW)
2025	37,30
2026	39,04
2027	40,74
2028	42,52
2029	44,26
2030	46,00
2031	47,74
2032	49,48
2033	51,22
2034	52,96
2035	54,70
2036	56,44
2037	58,18
2038	59,92
2039	61,66
2040	63,40
2041	65,14
2042	66,88
2043	68,62
2044	70,36
2045	72,10
Rata-rata kenaikan Pertahun	2%

#### B. Hasil Perhitungan tiap Gardu di SS2 Telap

TABEL VIII  
PRESENTASE SS2 TELAP

NO Gardu	Daya (kVA)	kw	Presentase
MDT 11 Telap	100	53,67	38,15%
MDT 02 Touliang Oki	100	87,33	54,94%
MDT 04 Ranomerut	100	60,33	36,82%
MDT 06 Tandengan	100	73,67	49,66%
MO 13 Kayu Besi	25	88	38,43%
MO 08 Lalumpe	100	37,67	24,94%
MO 09 Tulap	50	43	61,81%
MO 32 Kapantaran	50	81	36,18%
MO 50 Kubur	160	75	31,6%
MO 40 Kora-kora	25	3	25,62%
MO 28 Atep Oki	160	32	35,95%

TABEL IX  
PRESENTASE SS2 TELAP UNTUK TAHUN 2045

NO Gardu	Daya (kVA)	kw	Presentase 2045
MDT 11 Telap	100	53,67	88%
MDT 02 Touliang Oki	100	87,33	122%
MDT 04 Ranomerut	100	60,33	95%
MDT 06 Tandengan	100	73,67	108%
MO 13 Kayu Besi	25	88	122%
MO 08 Lalumpe	100	37,67	72%
MO 09 Tulap	50	43	77%
MO 32 Kapantaran	50	81	115%
MO 50 Kubur	160	75	109%
MO 40 Kora-kora	25	3	37%
MO 28 Atep Oki	160	32	66%

### C. Analisa Hasil Perhitungan Peramalan Beban

Dari hasil Peramalan Kebutuhan beban yang sudah dihitung pada 3.2.1 bisa disimpulkan bahwa adanya kenaikan secara linear setiap tahunnya sebesar 2% dari hasil peramalan yang didapatkan bisa dilihat bahwa beban pertahun semakin bertambah itu karena dipengaruhi oleh faktor ekonomi yang semakin meningkat juga kebutuhan Listrik Masyarakat semakin bertambah.

### D. Analisa Hasil Perhitungan Kepadatan Penduduk

Berdasarkan data untuk faktor kepadatan penduduk ditemukan pada tahun 2025 jumlah presentase penduduk jiwa 0,46% sedangkan pada tahun 2045 menjadi 3,8%. Jadi bisa disimpulkan bahwa semakin padat penduduk maka semakin besar Listrik yang dibutuhkan.

### E. Analisa Hasil Perhitungan Perekonomian

Dari hasil peramalan untuk faktor kepadatan penduduk ditemukan pada tahun 2025 jumlah presentase perekonomian 5,89% sedangkan pada tahun 2045 menjadi 7,76%. Jadi bisa disimpulkan bahwa semakin tinggi presentase perekonomian maka semakin besar Listrik yang dibutuhkan.

### F. Analisa Hasil Perhitungan Presentase Pembebanan

Berdasarkan data dan hasil perhitungan untuk tahun 2025 maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa untuk feeder SS2 Telap dari Sistem Distribusi Jaringan Tondano kemampuan tiap gardu masih dalam batas-batas aman sehingga tidak perlu dilakukan upgradeting, sedangkan untuk hasil perkiraan presentase pembebanan untuk 20 tahun mendatang yaitu 2045 ditemukan beberapa gardu yang sudah melebihi kemampuannya. Kelebihan beban menyebabkan drop tegangan sehingga dibutuhkan adanya penambahan gardu atau perlu

melakukan upgradeting untuk tahun 2045 agar mengoptimalkan penyaluran Listrik kepada konsumen.

Untuk kemungkinan gangguan yang sering terjadi pada feeder atau penyulang ini diakibatkan oleh kondisi lingkungan seperti banyak pohon. Untuk itu perlu dilakukan pemeliharaan yang berkala serta mengoptimalkan peralatan-peralatan proteksi yang ada sehingga keandalan peralatan dipenyulang ini dapat bekerja sebagaimana mestinya.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan beban listrik hingga tahun 2045 untuk ULP Tondano, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan beban listrik dalam 20 tahun mendatang mengalami kenaikan secara linear setiap tahunnya sebesar 2% dari hasil peramalan. Faktor yang memengaruhi kebutuhan beban maka semakin tinggi kepadatan penduduk diikuti dengan semakin tinggi pendapatan konsumen, semakin besar pula konsumsi energi listrik yang dibutuhkan. Jika tidak diantisipasi dengan baik, peningkatan kebutuhan listrik ini dapat menimbulkan risiko kelebihan beban, gangguan pasokan, hingga pemadaman listrik yang berdampak pada berbagai sektor kehidupan Masyarakat. Untuk sistem jaringan distribusi ULP Tondano khususnya pada feeder SS2 Telap disimpulkan kemampuan tiap gardu masih dalam batas aman sehingga tidak perlu dilakukan upgrade.

Strategi untuk mengatasi kelebihan beban yaitu dengan adanya penambahan gardu baru karena setelah dilakukan perhitungan pada feeder SS2 Telap ditemukan beberapa gardu yang sudah melebihi batas standart dan perlu dilakukan upgradeting atau adanya penambahan gardu baru.

### B. Saran

Agar kebutuhan listrik di ULP Tondano hingga tahun 2045 dapat terpenuhi dengan baik meminimalkan terjadinya resiko gangguan ada beberapa saran yang dapat diberikan antara lain: 1) Penambahan gardu baru dinilai efektif untuk membagi beban pada tahun 2045 karena sudah melebihi batas standart yang diijinkan agar bisa memastikan pasokan listrik yang lebih stabil. 2) untuk kemungkinan gangguan yang sering terjadi pada feeder SS2 Telap yang diakibatkan oleh kondisi banyaknya pohon dilingkungan sistem jaringan distribusi untuk itu perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala agar peralatan-peralatan proteksi bisa dioptimalkan sehingga keandalan peralatan difeeder SS2 Telap dapat berfungsi dengan semestinya.

## KUTIPAN

- [1] J. Menggasa, H. Tumaliang, and S. Silimang, "Peramalan Pertumbuhan Beban Listrik Di Kabupaten Talaud Tahun 2020-2034 Dengan Solusi Membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas".
- [2] Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, A. Hasibuan, W. V. Siregar, and Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Malikussaleh, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kota Subulussalam Sampai Tahun 2020 Menggunakan Metode Analisis Regresi," RELE Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro, vol. 1, no. 2, pp. 57–61, Jan. 2019, doi: 10.30596/rele.v1i2.3013.
- [3] Rajagukguk, A. S. F., Pakiding, M., & Rumbayan, M. (2015). Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado.



- Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer, 4(3), 1–11. “jm\_elektro,+JURNAL\_Agus+Rajagukguk+(090213100).”
- [4] S. M. Bahtiar, “PERAMALAN BEBAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE TIME SERIES UNTUK KEBUTUHAN TENAGA LISTRIK DI GARDU INDUK SUNGAI RAYA”.
- [5] A. J. Kastanja and J. Tupalessy, “PERAMALAN BEBAN LISTRIK KOTA AMBON TAHUN 2016 – 2022,” 2017.
- [6] Z. Hendri, E. Efendi, J. Asrul, and F. Fitriadi, “Peramalan Beban Listrik Kabupaten Pesisir Selatan Dengan Analisis Regresi,” *Elektron J. Ilm.*, pp. 7–12, Jun. 2023, doi: 10.30630/eji.15.1.340.
- [7] “ANALISIS PERAMALAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK PLN AREA BATAM MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR 2018”
- [8] S. Wahyuningsih and D. Satriani, “PENDEKATAN EKONOMI KREATIF TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI (Studi Kasus Di Desa Pedekik),” 2019.
- [9] M. Syafruddin, L. Hakim, and D. Despa, “METODE REGRESI LINIER UNTUK PREDIKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG (STUDI KASUS PROVINSI LAMPUNG),” *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 2, no. 2, Apr. 2014, doi: 10.23960/jitet.v2i2.237.
- [10] N. R. Alham, R. M. Utomo, H. Hilmansyah, M. Muslimin, A. W. Aditya, and A. Mubarak, “STUDI TENTANG PERBAIKAN JATUH TEGANGAN DI TIANG UJUNG JARINGAN TEGANGAN RENDAH PADA PT.PLN UP3 AREA SAMARINDA,” *J. Tek. Elektro Uniba JTE UNIBA*, vol. 6, no. 2, pp. 212–216, Jun. 2022, doi: 10.36277/jteuniba.v6i2.140.
- [11] A. Pamungkas and S. I. Haryudo, “STUDI ANALISIS KERUGIAN DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG MODO AREA BOJONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6,” vol. 08, 2019.
- [12] J. Handoyo, “Analisis Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Di Propinsi Jawa Tengah Sampai Tahun 2024 Dengan Metode Regresi Linier Berganda,” vol. 10, no. 2, 2016.
- [13] <https://minahasakab.bps.go.id/id>

**Yuan Indriani Mantiri**, penulis adalah anak kedua dari dua



bersaudara, lahir di Amurang, Kab Minahasa selatan. Provinsi Sulawesi Utara, pada tanggal 23 juni 2003. Penulis menempuh pendidikan pertama di sekolah dasar Negeri 2 wineru pada tahun 2009 sampai 2015, kemudian melanjutkan pendidikan kedua di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Poigar pada tahun 2015

sampai 2018 Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di sekolah menengah atas Negeri 9 Manado dari tahun 2018 sampai 2021. Di tahun yang sama penulis memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2023. Dalam menempuh pendidikan, penulis telah mengikuti program penguatan kapasitas ormawa bersertifikat pada bulan Maret 2024 hingga November 2024 sebagai Bendahara. Kemudian penulis mengikuti program magang merdeka selama 1 semester pada bulan Agustus 2024 sampai Desember 2024 di Unit Pelaksana Transmisi Manado yang berlokasi di Jl. Tompakwa No.1, Bumi Nyiur, Kec. Wanea, Kota Manado, Sulawesi Utara. Kemudian pada bulan Maret sampai Juni tahun 2025, penulis melakukan penelitian dan pengambilan data di UPT Tondano. Penulis juga merupakan Wakil Bendahara Himpunan Mahasiswa Elektro periode tahun 2023/2024.