



Optimasi Peramalan Beban Listrik dengan Regresi Linear Berganda Berbasis Algoritma Genetika: Studi Kasus Kabupaten Soppeng

Muhammad Khaidir^{1*}, Saktiani Karim², Muhammad Fathur Rahman N³,
Syahrul Mustafa⁴, Reihan Virgiawan⁵

^{1,2,3,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Makassar, Indonesia

⁴Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Bosowa, Makassar

*Email : muhammad_khaidir.dty@uim-makassar.ac.id

Abstract: Electricity is a crucial infrastructure supporting economic and social development, thus requiring reliable supply planning. In Soppeng Regency, historical data from 2019–2023 show population growth from 226,992 to 240,955 people and GRDP increase from 10,938 to 14,909 billion rupiah, driving higher electricity demand. Customer numbers rose in the household sector from 29,438 to 34,376 and in industry from 33 to 58, with similar upward trends in connected load and energy use. This study addresses the challenge of accurate forecasting by applying Multiple Linear Regression (MLR) optimized with Genetic Algorithm (GA). Forecasting results up to 2028 predict household customers reaching 40,449 and industrial customers 89, while connected load grows from 35.7 to 34.0 million VA in households and from 8.6 to 17.4 million VA in industry. Electricity consumption is projected to exceed 41.8 million kWh in households and 13.5 million kWh in industry by 2028. Model evaluation using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) confirms reliable accuracy, making the MLR–GA approach effective for future capacity planning.

Keywords: Load Forecasting; Multiple Linear Regression; Genetic Algorithm; Electricity Demand; Soppeng Regency

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan infrastruktur vital yang memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, pembangunan infrastruktur, serta peningkatan kualitas hidup masyarakat. Perannya yang krusial menjadikan ketersediaan pasokan listrik yang andal dan berkelanjutan sebagai prioritas utama bagi penyedia energi, termasuk di Indonesia (Damanik et al., 2024)(Muhammad Khaidir et al., 2025).

Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan listrik nasional menunjukkan tren peningkatan yang signifikan, dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, peningkatan pendapatan per kapita, serta perkembangan sektor bisnis dan industri (Jamilatun et al., 2025). Kondisi serupa juga terjadi di daerah-daerah seperti Kabupaten Soppeng, di mana jumlah pelanggan listrik dari berbagai sector sosial, rumah tangga, bisnis, dan industri meningkat secara konsisten dalam lima tahun terakhir (Sa & Amir, 2021).

Berdasarkan data PT PLN (Persero), beban puncak di wilayah ini umumnya terjadi pada sore hingga malam hari, dipicu oleh dominasi konsumsi dari sektor rumah tangga dan bisnis. Peningkatan ini juga didorong oleh pembangunan infrastruktur publik dan komersial yang membutuhkan pasokan daya cukup besar. Jika pertumbuhan permintaan listrik tidak diimbangi dengan perencanaan pasokan yang tepat, maka dapat terjadi ketidakseimbangan antara produksi dan konsumsi listrik. Ketidakseimbangan ini dapat menimbulkan dua kerugian sekaligus: kelebihan pasokan mengakibatkan inefisiensi biaya produksi, sedangkan kekurangan pasokan dapat mengganggu aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat (Kurniawan et al., 2022).

Peramalan beban listrik (load forecasting) menjadi salah satu komponen penting dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga listrik. Peramalan yang akurat memungkinkan penyedia listrik menentukan strategi pembangkitan, pengaturan jaringan, dan perencanaan investasi infrastruktur secara tepat (Loway et al., 2025). Metode peramalan konvensional memang telah lama digunakan, namun sering menghadapi keterbatasan dalam menangani data yang kompleks dan bersifat nonlinier (Purnomo et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis artificial intelligence (AI) yang mampu menghasilkan prediksi lebih akurat (Wijaya, 2019).

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah kombinasi regresi linear berganda dan algoritma genetik (Genetic Algorithm/GA). Regresi linear berganda digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel penyebab seperti jumlah penduduk, Produk Regional Domestik Bruto (PRDB), dan jumlah pelanggan per sektor dengan variabel target seperti daya tersambung dan konsumsi energi listrik (Muchmad Bayu, Purowharjono, 2025). Algoritma genetik berperan sebagai metode optimasi untuk memperoleh koefisien regresi terbaik, sehingga dapat meminimalkan tingkat kesalahan peramalan (Lingga Pradipika et al., 2017). Terinspirasi dari prinsip evolusi biologis melalui seleksi, crossover, dan mutasi, GA mampu menjelajahi ruang solusi secara efisien dan menghindari masalah local minimal yang sering menjadi kelemahan metode optimasi konvensional (AL-Qaysi et al., 2023)(Nti et al., 2020).

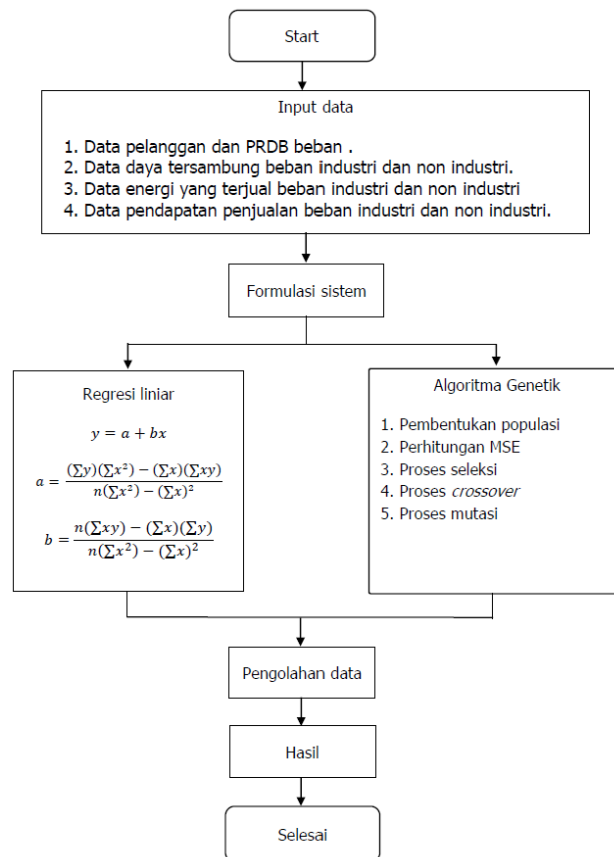
Dengan menerapkan metode regresi linear berganda berbasis algoritma genetik, diharapkan diperoleh model peramalan beban listrik yang memiliki akurasi tinggi, ditunjukkan oleh nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang rendah (Nti et al., 2020). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan strategis bagi PT PLN (Persero) ULP Soppeng dalam pengambilan keputusan operasional maupun perencanaan jangka menengah dan panjang, serta menjadi referensi pengembangan metode peramalan di wilayah lain dengan karakteristik serupa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis supervised learning dengan kombinasi Regresi Linear Berganda (RLB) dan Algoritma Genetik (AG) sebagai metode optimasi. Regresi Linear Berganda digunakan untuk memodelkan hubungan linier antara

variabel independen dengan beban puncak, sedangkan Algoritma Genetik digunakan untuk mencari nilai koefisien regresi terbaik yang meminimalkan kesalahan prediksi. Pemilihan metode ini didasarkan pada pertimbangan bahwa RLB memiliki kemampuan interpretasi yang baik terhadap variabel prediktor, sedangkan AG mampu mengoptimasi parameter model untuk menghindari jebakan local minima yang sering terjadi pada metode optimasi konvensional (Sen et al., 2023a, 2023b; Zhang et al., 2025).



Gambar 1. Tahapan penelitian

B. Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT PLN (Persero) ULP Soppeng berupa data beban puncak, jumlah pelanggan per sektor, dan daya tersambung (2019–2023). Badan Pusat Statistik Kabupaten Soppeng berupa data jumlah penduduk dan Produk Regional Domestik Bruto (PRDB).

Data historis digunakan sebagai prediktor dalam proses peramalan yang mencakup tiga kategori utama, yaitu jumlah pelanggan, jumlah pemakaian energi listrik, dan daya tersambung.

1) Peramalan Jumlah Pelanggan

- Variabel Input:
 - X1 = Jumlah penduduk
 - X2 = Produk Regional Domestik Bruto (PRDB)

- Variabel Target:
 - Y1 = Pelanggan sektor sosial
 - Y2 = Pelanggan sektor rumah tangga
 - Y3 = Pelanggan sektor bisnis
 - Y4 = Pelanggan sektor industri
- Penentuan target dilakukan dengan memadukan X1 dan X2 untuk memprediksi masing-masing Y1 hingga Y4.

2) Peramalan Pemakaian Energi Listrik

- Variabel Input:
 - X1 = Jumlah penduduk
 - X2 = PRDB
 - X3 = Pelanggan sektor sosial
 - X4 = Pelanggan sektor rumah tangga
 - X5 = Pelanggan sektor bisnis
 - X6 = Pelanggan sektor industri
- Variabel Target:
 - Y1 = Pemakaian energi sektor sosial
 - Y2 = Pemakaian energi sektor rumah tangga
 - Y3 = Pemakaian energi sektor bisnis
 - Y4 = Pemakaian energi sektor industri
- Penentuan target dilakukan dengan:
 - $X1, X2, X3 \rightarrow Y1$
 - $X1, X2, X4 \rightarrow Y2$
 - $X1, X2, X5 \rightarrow Y3$
 - $X1, X2, X6 \rightarrow Y4$

3) Peramalan Daya Tersambung

- Variabel Input:
 - X1 = Jumlah penduduk
 - X2 = PRDB
 - X3 = Pelanggan sektor sosial
 - X4 = Pelanggan sektor rumah tangga
 - X5 = Pelanggan sektor bisnis
 - X6 = Pelanggan sektor industri
- Variabel Target:
 - Y1 = Daya tersambung sektor sosial
 - Y2 = Daya tersambung sektor rumah tangga
 - Y3 = Daya tersambung sektor bisnis
 - Y4 = Daya tersambung sektor industri
- Proses penentuan target dilakukan dengan pola yang sama seperti pada peramalan pemakaian energi listrik.

C. Pra-Pemrosesan Data (*Data Preprocessing*)

Pra-pemrosesan data dilakukan untuk memastikan bahwa data masukan (input) dan keluaran (output) yang digunakan dalam pemodelan memiliki kualitas yang baik, terukur, dan bebas dari masalah statistik yang dapat menurunkan akurasi peramalan. Tahapan pra-pemrosesan ini bertujuan untuk meminimalkan potensi bias, mengoptimalkan kinerja algoritma optimasi, dan memastikan bahwa hubungan antarvariabel dapat dimodelkan secara efektif oleh metode Regresi Linear Berganda yang dioptimasi dengan Algoritma Genetik. Tahapan pra-pemrosesan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Pemeriksaan Kelengkapan Data (*Data Completeness Check*)
 - Semua variabel diperiksa untuk mendeteksi nilai hilang (*missing values*) dan ketidaksesuaian format data.
 - Nilai yang hilang diisi menggunakan metode interpolasi linier jika perubahan data bersifat gradual, atau forward fill jika nilai relatif konstan dalam periode tertentu.
- 2) Deteksi dan Penanganan *Outlier*
 - *Outlier* dideteksi menggunakan Z-score dengan kriteria $|Z| > 3$ $|Z| > 3$, yang menandakan data berada di luar tiga standar deviasi dari rata-rata.
 - Untuk data yang teridentifikasi sebagai *outlier*, dilakukan verifikasi silang dengan sumber resmi (PLN/BPS).
 - *Outlier* yang terkonfirmasi sebagai kesalahan pencatatan diperbaiki dengan pendekatan median imputation agar tidak mengganggu distribusi data.
- 3) Transformasi Skala Data (*Data Scaling*)
 - Semua variabel input dan output dinormalisasi menggunakan metode Min-Max Normalization untuk mengubah rentang nilai menjadi $[0, 1]$, dengan formula:

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$
 - Transformasi ini dilakukan untuk menghindari dominasi variabel dengan skala besar dan mempercepat konvergensi algoritma genetik.
- 4) Pengujian Multikolinearitas
 - Menggunakan Variance Inflation Factor (VIF) untuk memastikan antarvariabel input tidak memiliki korelasi tinggi ($VIF > 10$ diindikasikan sebagai masalah multikolinearitas).
 - Variabel dengan VIF tinggi dipertimbangkan untuk dieliminasi atau diubah melalui transformasi (*feature engineering*).
- 5) Penyusunan Dataset Pelatihan dan Pengujian (*Train-Test Split*)
 - Dataset dibagi menjadi dua bagian: 80% untuk pelatihan (*training set*) dan 20% untuk pengujian (*testing set*).
 - Pemisahan ini dilakukan secara time-series split untuk menjaga urutan kronologis data, menghindari kebocoran informasi (*data leakage*) pada model prediksi berbasis waktu.
- 6) Pengkodean Variabel Target (*Target Encoding*)
 - Variabel target dipisahkan menjadi tiga kategori utama sesuai fokus penelitian: jumlah pelanggan, pemakaian energi listrik, dan daya tersambung.
 - Untuk setiap kategori, dibuat pasangan variabel input-output sesuai struktur yang telah dijelaskan pada bagian definisi variabel penelitian.

7) Pemeriksaan Distribusi Data

Distribusi variabel dianalisis menggunakan histogram dan *kernel density estimation* untuk memastikan tidak terjadi distorsi yang signifikan setelah normalisasi.

D. Model Regresi Linear Berganda

Persamaan regresi linier berganda pada dasarnya menyerupai persamaan regresi linier sederhana; Namun, perbedaannya terletak pada kenyataan bahwa regresi linier berganda menggabungkan lebih dari satu variabel independen. Berikut ini merupakan rumus regresi linear berganda :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \epsilon$$

Keterangan :

Y = Variabel akibat

a = Slope dan intercept

b_1b_2 = Koefisien regresi

X_1X_2 = Variabel penyebab

E. Evaluasi akurasi dengan perhitungan mape

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan sebuah perhitungan yang digunakan untuk mengetahui keakuratan atau tingkat kesalahan peramalan dalam bentuk persentase. Jika nilai MAPE semakin kecil maka semakin kecil tingkat kesalahan dalam peramalan atau peramalan semakin akurat, kemudian sebaliknya jika nilai MAPE semakin besar maka semakin besar pula kesalahan dalam peramalan dan semakin tidak akurat pula hasil peramalannya. MAPE dapat dihitung pada rumus berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A - P}{A} \right| \times 100$$

Keterangan, n : Jumlah data

A : Data aktual

P : Data hasil prediksi

Tabel 1. Rentang nilai MAPE

Range MAPE	Arti
< 10 %	Model peramalan sangat baik.
10-20 %	Model peramalan baik.
20-30 %	Model peramalan cukup.
30-40%	Model peramalan buruk.
>50%	Model peramalan sangat buruk

F. Membangun RLB dan MAPE ke dalam Algoritma Genetik (GA)

Regresi Linear Berganda (RLB) dipadukan dengan Algoritma Genetik (GA) untuk mengoptimalkan koefisien regresi dan meminimalkan kesalahan. Proses ini ditentukan

oleh ukuran populasi, jumlah variabel, dan jumlah generasi sehingga menghasilkan prediksi lebih akurat dan andal.

- 1) Ukuran populasi
Populasi berperan untuk mengatur cepat lambatnya generasi dalam proses algoritma genetik.
- 2) Jumlah variabel (n_vars)
Tahap menentukan jumlah variabel.
- 3) Jumlah generasi (max_gen)
Jumlah generasi adalah jumlah iterasi atau proses algoritma genetik yang dilakukan secara berulang-ulang sesuai dengan jumlah generasi yang sudah ditentukan. Jadi, proses evolusi ini dilakukan iterasi sebanyak 50 kali sampai algoritma berhenti pada iterasi ke 50.

G. Optimasi dengan algoritma genetik.

- 1) Pemilihan Awal Koefisien Secara Acak
Proses ini dimulai dengan memberikan nilai individu acak, yang di mana setiap individu ini merepresentasikan koefisien regresi tiap variabel. Contoh nilai acak yang digunakan dalam satu iterasi pada proses ini adalah : 10, 0,002, 0,05 yang di mana 10 adalah B0, 0,002 adalah B1, dan 0,05 adalah B2.
- 2) Menghitung setiap individu dengan Mean Squared Error (MSE)
MSE merupakan rata-rata kuadrat kesalahan, digunakan dalam proses algoritma genetik agar koefisien regresi yang nantinya pada saat peramalan akan menghasilkan nilai peramalan dengan kesalahan yang rendah. Kemudian setiap nilai acak individu dan data di setiap variabel di hitung menggunakan MSE pada setiap individu atau data. Misalkan kita memiliki data dengan periode 5 tahun, berarti kelima data ini masing-masing nya perlu di hitung menggunakan MSE.
- 3) Proses seleksi (Memilih Individu Terbaik)
Setelah didapatkan nilai MSE masing-masing individu, dilakukan proses seleksi dengan memilih dua individu terkecil dari hasil proses perhitungan MSE untuk di crossover.
- 4) Crossover (Kombinasi Individu Terbaik)
Proses ini merupakan proses menggabungkan dua individu yang berbeda (yaitu individu terkecil dari proses MSE) untuk menghasilkan individu baru.
- 5) Mutasi
Proses ini merupakan proses mengubah individu secara random agar koefisien regresi yang dihasilkan ketika di hitung menggunakan regresi linear berganda untuk peramalan dapat memberikan hasil peramalan dengan tingkat kesalahan yang rendah. Proses ini merupakan tahapan terakhir algoritma genetik untuk mendapatkan koefisien regresi.

Kelima tahapan di atas merupakan satu kali proses algoritma genetik atau satu kali iterasi atau juga disebut satu generasi. Jadi pada penelitian ini digunakan ukuran generasi dari 50 sampai 80 generasi, yang artinya kelima proses algoritma genetik di atas di

lakukan sebanyak 50 atau 80 kali sampai mendapatkan koefisien regresi yang nantinya akan di hitung pada tahap regresi linear agar mendapatkan hasil peramalan dengan tingkat kesalahan yang rendah. Proses generasi sebanyak 50 atau 80 merupakan satu kali percobaan peramalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

1) Data historis jumlah penduduk dan PRDB Kab.Soppeng

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kab.Soppeng pada tabel 1, bahwa jumlah penduduk pada tahun 2019 sebesar 226.992 jiwa sedangkan pada tahun 2023 sebesar 240.955 .Dengan demikian dapat dilihat bahwa ada peningkatan jumlah penduduk dan PRDB setiap tahunnya, yang dimana keduanya akan mempengaruhi peningkatan jumlah pelanggan, daya tersambung dan pemakaian energi listrik setiap tahunnya.

Tabel 2. Data historis jumlah penduduk dan PRDB tahun 2019-2023

No	Tahun	Jumlah Penduduk	PRDB (Miliar Rupiah)
1	2019	226.992	10,938
2	2020	235.167	11,382
3	2021	235.574	12,426
4	2022	236.049	13,741
5	2023	240.955	14,909

2) Data historis pelanggan listrik Kab.Soppeng

Dalam lima tahun terakhir, jumlah pelanggan listrik meningkat di hampir semua sektor. Pelanggan sektor sosial naik dari 519 (2019) menjadi 703 (2023). Sektor rumah tangga sebagai penyumbang terbesar tumbuh dari 29.438 menjadi 34.376 pelanggan. Sektor bisnis meningkat dari 1.398 (2019) ke 1.643 (2022) lalu sedikit turun menjadi 1.559 (2023). Sektor industri, meski jumlahnya kecil, naik signifikan dari 33 menjadi 58 pelanggan.

Tabel 3. Data historis pelanggan listrik Kab.Soppeng tahun 2019-2023

Jumlah Pelanggan Listrik				
Tahun	Sosial	Rumah Tangga	Bisnis	Industri
2019	519	29.438	1.398	33
2020	576	30.914	1.445	37
2021	620	32.109	1.506	43
2022	665	33.195	1.643	51
2023	703	34.376	1.559	58

3) Data historis pemakaian energi listrik Kab.Soppeng

Berdasarkan Tabel 4.3, konsumsi energi listrik tiap sektor terus meningkat. Sektor sosial naik dari 2.839.783 KWh (2019) menjadi 5.170.718 KWh (2023). Sektor rumah tangga sebagai pengguna terbesar naik dari 32.574.878 menjadi 39.145.063 KWh. Sektor bisnis meningkat dari 6.096.596 menjadi 8.525.482 KWh, sementara sektor industri naik dari 5.612.296 menjadi 10.335.506 KWh.

Tabel 4. Data historis pemakaian energi listrik Kab.Soppeng tahun 2019-2023

Jumlah Konsumsi Energi Listrik (KWh)				
Tahun	Sosial	Rumah Tangga	Bisnis	Industri
2019	2.839.783	32.574.878	6.096.596	5.612.296
2020	3.047.591	35.065.396	6.709.892	7.413.637
2021	3.880.946	36.276.496	7.260.029	8.125.220
2022	4.327.234	37.089.818	7.871.706	9.622.651
2023	5.170.718	39.145.063	8.525.482	10.335.506

4) Data historis daya tersambung

Jumlah daya tersambung di semua sektor meningkat signifikan. Sektor sosial naik dari 2.270.550 VA (2019) menjadi 3.786.900 VA (2023). Sektor rumah tangga tumbuh stabil dari 26.744.850 menjadi 35.699.300 VA. Sektor bisnis naik dari 4.453.100 menjadi 6.089.650 VA, sementara sektor industri meningkat dari 5.303.200 menjadi 8.588.600 VA.

Tabel 5. Data historis daya tersambung Kab.Soppeng 2019-2023

Jumlah Daya Tersambung (VA)				
Tahun	Sosial	Rumah Tangga	Bisnis	Industri
2019	2.270.550	26.744.850	4.453.100	5.303.200
2020	2.643.150	29.191.750	4.781.100	5.460.100
2021	3.116.400	31.611.650	5.405.600	6.423.500
2022	3.482.600	33.457.500	5.954.300	7.338.800
2023	3.786.900	35.699.300	6.089.650	8.588.600

B. Hasil Peramalan

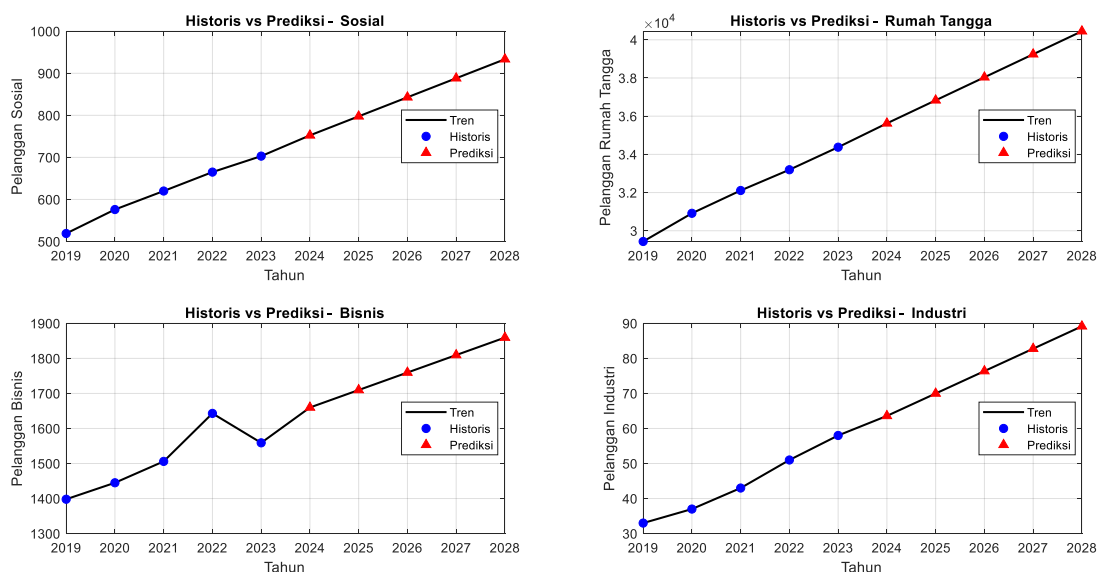
1) Jumlah pelanggan energi listrik

Peramalan jumlah pelanggan energi listrik di Kabupaten Soppeng dilakukan dengan metode regresi linear berbasis algoritma genetik (Genetic Algorithm – GA) untuk mengoptimalkan parameter model sehingga hasil proyeksi lebih akurat. Variabel yang digunakan meliputi jumlah penduduk dan PDRB sebagai faktor utama, dengan jumlah pelanggan listrik pada sektor sosial, rumah tangga, bisnis, dan industri sebagai variabel terikat.

Tabel berikut menampilkan hasil peramalan hingga tahun 2028, sedangkan grafik memperlihatkan perbandingan data historis dengan prediksi perkembangan jumlah pelanggan listrik di Kabupaten Soppeng.

Tabel 6. Jumlah Pelanggan Listrik

Jumlah Pelanggan Listrik						
Tahun	Jumlah Penduduk	PRDB (Miliar RP)	Sosial	Rumah Tangga	Bisnis	Industri
2019	226.992	10,938	519	29.438	1.398	33
2020	235.167	11,382	576	30.914	1.445	37
2021	235.574	12,426	620	32.109	1.506	43
2022	236.049	13,741	665	33.195	1.643	51
2023	240.955	14,909	703	34.376	1.559	58
2024	243.59	15,769	752	35625	1660	64
2025	246.471	16,799	798	36831	1710	70
2026	249.351	17,829	843	38037	1760	76
2027	252.232	18,859	888	39243	1809	83
2028	255.113	19,889	933	40449	1859	89



Gambar 2. Hasil Jumlah Pelanggan Listrik

Berdasarkan data historis jumlah pelanggan listrik Kabupaten Soppeng pada periode 2019–2023, terlihat adanya peningkatan yang konsisten di semua sektor. Pertumbuhan jumlah penduduk yang naik dari 226.992 jiwa pada tahun 2019 menjadi 240.955 jiwa pada tahun 2023, serta peningkatan Produk Regional Domestik Bruto (PRDB) dari 10.938 miliar rupiah menjadi 14.909 miliar rupiah pada periode yang sama, menjadi faktor utama pendorong kenaikan jumlah pelanggan listrik. Pada sektor sosial, jumlah pelanggan meningkat dari 519 pelanggan menjadi 703 pelanggan, sementara pada sektor rumah tangga mengalami pertumbuhan signifikan dari 29.438 menjadi 34.376 pelanggan. Sektor bisnis juga tumbuh meskipun sempat berfluktuasi, dengan kenaikan dari 1.398 menjadi 1.559 pelanggan, sedangkan sektor industri meningkat stabil dari 33 menjadi 58 pelanggan.

Hasil peramalan untuk periode 2024–2028 menunjukkan tren kenaikan yang berkelanjutan pada seluruh sektor. Pada sektor sosial, jumlah pelanggan diproyeksikan mencapai 933 pelanggan pada tahun 2028, dengan rata-rata pertumbuhan sekitar 40 pelanggan per tahun. Sektor rumah tangga diperkirakan tumbuh paling besar secara absolut, yaitu dari 35.652 pelanggan pada tahun 2024 menjadi 40.449 pelanggan pada tahun 2028, dengan rata-rata kenaikan lebih dari 1.200 pelanggan per tahun. Sektor bisnis diproyeksikan meningkat lebih moderat dari 1.662 pelanggan pada tahun 2024 menjadi 1.859 pelanggan pada tahun 2028, sedangkan sektor industri mengalami kenaikan dari 64 pelanggan pada tahun 2024 hingga mencapai 89 pelanggan pada tahun 2028.

Analisis grafik menunjukkan bahwa pola pertumbuhan pelanggan sektor sosial dan rumah tangga relatif linear dan konsisten, sehingga model peramalan memberikan hasil yang akurat. Pada sektor bisnis, meskipun data historis menunjukkan adanya fluktuasi di tahun 2022–2023, tren peramalan tetap mengindikasikan arah pertumbuhan yang stabil. Sementara itu, sektor industri memperlihatkan tren kenaikan yang cukup signifikan, mencerminkan adanya potensi pertumbuhan investasi dan kegiatan industri di Kabupaten Soppeng.

Secara keseluruhan, hasil peramalan menunjukkan bahwa jumlah pelanggan listrik di Kabupaten Soppeng akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, kenaikan PRDB, serta berkembangnya aktivitas sosial, ekonomi, dan industri. Hal ini mengindikasikan adanya kebutuhan peningkatan kapasitas infrastruktur kelistrikan di masa mendatang agar mampu memenuhi permintaan energi yang semakin besar. Selain itu, perkembangan sektor bisnis dan industri yang cukup signifikan juga menjadi sinyal penting bagi pemerintah daerah dan penyedia listrik untuk menyiapkan strategi pelayanan energi listrik yang andal, efisien, dan berkelanjutan.

2) Hasil peramalan jumlah konsumsi energi listrik

Proyeksi kebutuhan energi di Kabupaten Soppeng mencakup konsumsi listrik pada sektor sosial, rumah tangga, bisnis, dan industri. Hasil perhitungan ditampilkan dalam tabel berikut, yang memperlihatkan estimasi konsumsi energi hingga tahun 2028. Untuk memperjelas tren yang terjadi, grafik disajikan guna membandingkan antara data historis dengan hasil prediksi, sehingga terlihat arah perkembangan konsumsi energi listrik di masing-masing sektor.

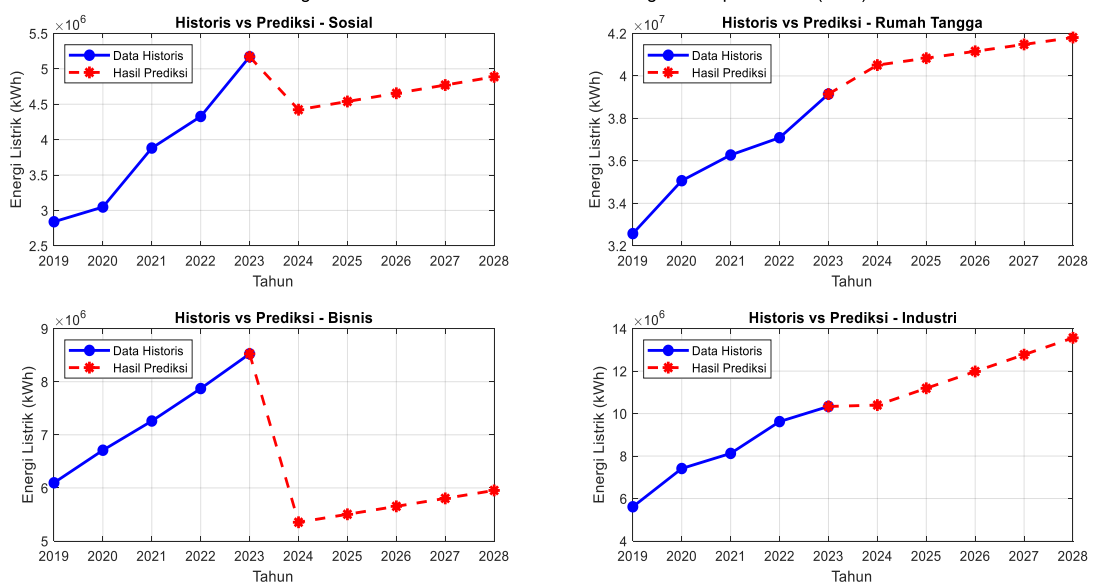
3) Hasil peramalan jumlah konsumsi energi listrik

Hasil analisis regresi menghasilkan estimasi konsumsi energi listrik pada sektor sosial, rumah tangga, bisnis, dan industri. Peramalan ini menggunakan data historis 2019–2023 sebagai dasar proyeksi hingga 2028, yang ditampilkan pada Tabel 7 beserta grafik perbandingan antara data aktual dan hasil prediksi.

Tabel 7. Hasil peramalan jumlah konsumsi energi listrik

Jumlah Konsumsi Energi Listrik (KWh)				
Tahun	Sosial	Rumah Tangga	Bisnis	Industri
2019	2.839.783	32.574.878	6.096.596	5.612.296
2020	3.047.591	35.065.396	6.709.892	7.413.637
2021	3.880.946	36.276.496	7.260.029	8.125.220
2022	4.327.234	37.089.818	7.871.706	9.622.651
2023	5.170.718	39.145.063	8.525.482	10.335.506
2024	4.422.511	40.509.383	5.353.314	10.399.388
2025	4.538.616	40.833.858	5.503.139	11.190.757
2026	4.654.722	41.158.333	5.652.964	11.982.127
2027	4.770.828	41.482.807	5.802.789	12.773.496
2028	4.886.933	41.807.282	5.952.614	13.564.866

Perbandingan Historis vs Prediksi Pemakaian Energi Listrik per Sektor (kWh)

**Gambar 3.** Hasil peramalan Jumlah Konsumsi Energi Listrik (KWh)

Berdasarkan hasil peramalan jumlah konsumsi energi listrik pada periode 2019 hingga 2028, terlihat bahwa setiap sektor menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda-beda. Pada sektor sosial, konsumsi energi listrik mengalami peningkatan secara konsisten dari tahun ke tahun. Dari sekitar 2,8 juta kWh pada 2019, konsumsi listrik diproyeksikan naik menjadi hampir 4,9 juta kWh pada tahun 2028. Kenaikan ini relatif stabil dengan rata-rata pertumbuhan sekitar 3% per tahun, yang sejalan dengan pertambahan jumlah pelanggan dan kebutuhan fasilitas sosial di masyarakat.

Sektor rumah tangga tercatat sebagai pengguna listrik terbesar dan mengalami peningkatan yang paling signifikan. Konsumsi listrik sektor ini naik dari 32,5 juta kWh pada tahun 2019 menjadi lebih dari 41,8 juta kWh pada tahun 2028. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk dan peningkatan jumlah pelanggan rumah tangga merupakan faktor dominan dalam mendorong kenaikan konsumsi listrik. Tren yang konsisten ini juga memperlihatkan bahwa model regresi linear berganda cukup mampu menangkap pola historis dan memproyeksikannya ke masa depan.

Berbeda dengan sektor rumah tangga, sektor bisnis memperlihatkan pola yang lebih fluktuatif. Walaupun tren jangka panjang menunjukkan adanya kenaikan, pada periode awal prediksi terjadi sedikit penurunan dari kondisi historis, sebelum kembali meningkat pada tahun-tahun berikutnya. Dari 6,7 juta kWh pada 2020, konsumsi listrik sektor bisnis diproyeksikan mencapai hampir 5,9 juta kWh pada 2028. Pola yang tidak stabil ini mengindikasikan bahwa konsumsi listrik pada sektor bisnis lebih dipengaruhi oleh dinamika ekonomi dan aktivitas usaha, sehingga model linear sederhana kurang optimal dalam menggambarkan variabilitasnya.

Sektor industri, di sisi lain, menunjukkan pertumbuhan yang cukup konsisten dan signifikan. Konsumsi listrik naik dari 5,6 juta kWh pada 2019 menjadi sekitar 13,5 juta kWh pada tahun 2028. Peningkatan ini selaras dengan pertumbuhan jumlah pelanggan industri serta berkembangnya aktivitas produksi yang membutuhkan pasokan energi besar. Dengan tren yang terus meningkat, sektor industri menjadi salah satu kontributor utama dalam total konsumsi energi listrik nasional.

Secara keseluruhan, hasil peramalan menunjukkan bahwa total konsumsi energi listrik dari tahun 2019 hingga 2028 akan terus meningkat dengan dominasi terbesar berasal dari sektor rumah tangga dan industri. Sektor sosial meskipun kontribusinya relatif kecil, tetap menunjukkan pertumbuhan stabil, sementara sektor bisnis memerlukan pendekatan analisis tambahan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Hal ini memberikan gambaran bahwa kebutuhan listrik di masa depan akan semakin besar, sehingga perencanaan penyediaan energi perlu diarahkan pada sektor-sektor dengan pertumbuhan permintaan yang paling dominan.

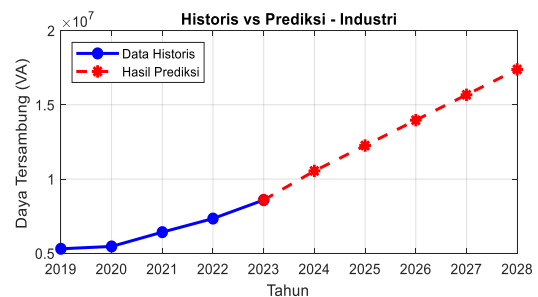
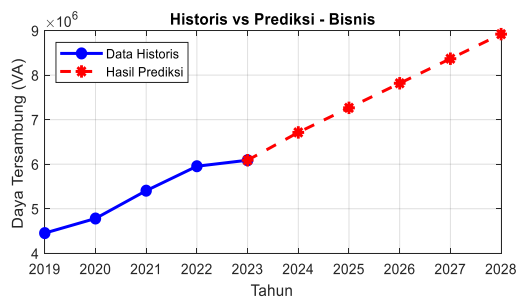
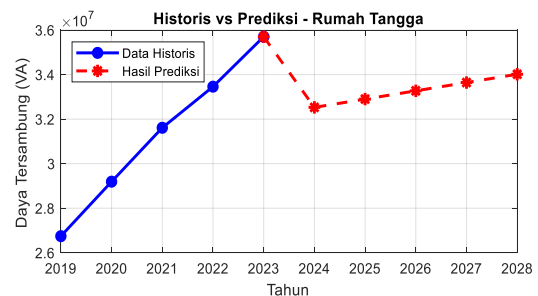
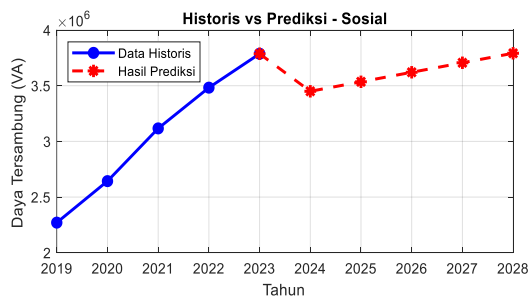
4) Hasil peramalan daya tersambung

Peramalan daya tersambung di Kabupaten Soppeng menggunakan metode regresi linear berbasis algoritma genetik. Data mencakup sektor sosial, rumah tangga, bisnis, dan industri. Hasil peramalan ditampilkan pada tabel berikut hingga tahun 2028, sedangkan

grafik menunjukkan perbandingan antara data historis dan hasil prediksi untuk masing-masing sector.

Tabel 8. Hasil peramlaan daya tersambung

Jumlah Daya Tersambung (VA)				
Tahun	Sosial	Rumah Tangga	Bisnis	Industri
2019	2.270.550	26.744.850	4.453.100	5.303.200
2020	2.643.150	29.191.750	4.781.100	5.460.100
2021	3.116.400	31.611.650	5.405.600	6.423.500
2022	3.482.600	33.457.500	5.954.300	7.338.800
2023	3.786.900	35.699.300	6.089.650	8.588.600
2024	3.449.878.	32.527.132	6.713.675	10.547.438
2025	3.535.257	32.898.871	7.265.273	12.256.643
2026	3.620.636.	33.270.610	7.816.872	13.965.849
2027	3.706.014	33.642.348	8.368.470	15.675.054
2028	3.791.393	34.014.087	8.920.068	17.384.260



Gambar 4. Hasil permalan Jumlah Daya Tersambung (VA)

Berdasarkan hasil peramalan daya tersambung 2019–2028, terlihat tren pertumbuhan positif di seluruh sektor dengan laju yang berbeda. Sektor sosial meningkat stabil dari 2,27 juta VA menjadi 3,79 juta VA, seiring bertambahnya fasilitas pelayanan publik. Sektor rumah tangga mencatat daya terbesar, naik dari 26,7 juta VA menjadi 34,0 juta VA, mencerminkan meningkatnya kebutuhan listrik masyarakat. Sektor bisnis tumbuh dari 4,45 juta VA menjadi 8,92 juta VA dengan pola fluktuatif yang dipengaruhi dinamika ekonomi. Sektor industri mengalami lonjakan tertinggi, dari 5,30 juta VA menjadi 17,38

juta VA, mencerminkan ekspansi produksi. Secara keseluruhan, kebutuhan daya di masa depan akan terus meningkat dengan dominasi rumah tangga dan industri, sementara sosial stabil dan bisnis lebih dinamis. Proyeksi ini penting sebagai dasar perencanaan kapasitas sistem kelistrikan yang andal dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi Regresi Linear Berganda (RLB) dan Algoritma Genetik (GA) mampu meningkatkan akurasi peramalan beban listrik di Kabupaten Soppeng. Data historis 2019–2023 menunjukkan tren kenaikan jumlah pelanggan, konsumsi energi, dan daya tersambung di seluruh sektor, terutama rumah tangga dan industri. Hasil peramalan hingga 2028 memperlihatkan pertumbuhan berkelanjutan dengan dominasi sektor rumah tangga sebagai pengguna terbesar, diikuti sektor industri yang menunjukkan peningkatan signifikan. Evaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menegaskan bahwa model ini memiliki tingkat kesalahan rendah dan dapat diandalkan. Dengan demikian, pendekatan ini layak digunakan sebagai dasar perencanaan kapasitas dan strategi penyediaan listrik yang lebih efektif, andal, dan berkelanjutan bagi PLN dan pemangku kepentingan daerah.

REFERENSI

- AL-Qaysi, A. M. M., Bozkurt, A., & Ates, Y. (2023). Load Forecasting Based on Genetic Algorithm–Artificial Neural Network–Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: A Case Study in Iraq. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062919>
- Damanik, D., Damanik, P., & Nopeline, N. (2024). Analisis Pengaruh Infrastruktur Jalan dan Infrastruktur Listrik Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Pematang Siantar. *Jurnal KAFEBIS*, 2(1), 59–67. <https://doi.org/10.51622/kafebis.v2i1.2378>
- Jamilatun, S., Rhomadoni, F. R., Astuti, E., Setya, B., Idris, M., & Auliasari, P. A. (2025). *Peran Manajemen Energi terhadap Efisiensi Konsumsi Listrik Rumah Tangga di Indonesia*. 1–12.
- Kurniawan, E., Purwoharjono, & Abidin, Z. (2022). *Peramalan Beban Pada Gardu Induk PT.PLN (Persero) UP3B Kalimantan Barat*. 4–12.
- Lingga Pradipika, C., Handoko, S., & Winardi, B. (2017). Peramalan Beban Puncak Harian Pada Sistem Pt.Pln Apb Jawa Tengah Dan Diy Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan-Algoritma Genetika. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 19(1), 28–34.
- Loway, A. I. J., Silimang, S., & Tumaliang, H. (2025). Forecasting Load Growth and Electricity Availability in 2023 - 2037 in North Sulawesi. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 14(1), 1–8.
- Muchmad Bayu, Purowharjono, R. G. (2025). *Studi Perkiraan Beban Listrik Universitas Tanjungpura Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda*. 8(6), 1–23. <https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365>
- Muhammad Khaidir, Rahman, F., & Mustafa, S. (2025). Pengembangan PLTMH dengan Model Multipowerhouse (MPH) untuk Optimalisasi Air Buangan Turbin PLTMH

- Garassik di Sungai Garassik Kab. Enrekang. *Jurnal Mosfet*, 5(1), 104–118. <https://doi.org/10.31850/jmosfet.v5i1.3510>
- Nti, I. K., Teimeh, M., Nyarko-Boateng, O., & Adekoya, A. F. (2020). Electricity load forecasting: a systematic review. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s43067-020-00021-8>
- Purnomo, H., Suyono, H., & Hasanah, R. N. (2021). Peramalan Beban Jangka Pendek Sistem Kelistrikan Kota Batu Menggunakan Deep Learning Long Short-Term Memory. *Transmisi*, 23(3), 97–102. <https://doi.org/10.14710/transmisi.23.3.97-102>
- Sa, A., & Amir, F. (2021). *Perilaku Masyarakat Menggunakan Energi Listrik yang Berwawasan Lingkungan di Kabupaten Soppeng*. 2199–2208.
- Sholeh, I., Situmeang, U., & Monice. (2021). Studi Peramalan Beban Pada Gardu Induk TeLuk Lembu Uip3bs Upt Pekanbaru PT. PLN (PERSERO). *Senkim*, 1(1), 11–26.
- Wijaya, A. H. (2019). Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Beban Listrik Dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal CoreIT*, 5(2), 61–70.