Jurnal Komputer dan Teknologi Informasi
Vol. 3, No. 2, Juli, 2025, pp. 19~22
E-ISSN: 2986-7592, DOI: 10.26714/jkti.v3i2.16646

Optimasi Distribusi Energi Berdasarkan Data Konsumsi Per Jam Menggunakan Genetic Algorithm

Muhammad Wigig Purbandanu[1], Ahmad Ilham[2]
[1,2]Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima 10 Mei 2025
Perbaikan 13 Juni 2025
Disetujui 28 Juli 2025

Keywords:

Optimasi
Distribusi energi
Efisiensi energi
Genetic Algorithm

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi energi berdasarkan data konsumsi energi per jam dengan menggunakan metode Genetic Algorithm (GA). Metode GA diterapkan untuk menemukan solusi optimal dalam mendistribusikan energi secara efisien, dengan mempertimbangkan kebutuhan energi yang bervariasi setiap jam. Proses optimasi menghasilkan alokasi energi yang berada pada rentang 11,608 MW hingga 16,875 MW, sedikit lebih tinggi dari rata-rata permintaan untuk menjaga cadangan energi. Hasil optimasi menunjukkan bahwa GA mampu mendistribusikan energi secara efektif tanpa pemborosan signifikan, terutama pada jam-jam dengan permintaan tinggi. Pendekatan ini membuktikan bahwa algoritma evolusi dapat digunakan untuk mendukung perencanaan distribusi energi yang adaptif terhadap pola permintaan harian dan mendukung efisiensi operasional. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mengembangkan strategi distribusi energi yang lebih berkelanjutan dan berbasis kecerdasan buatan.

ABSTRACT

This study aims to optimize energy distribution based on hourly energy consumption data using the Genetic Algorithm (GA) method. GA is applied to determine the optimal solution for efficient energy distribution while considering the variability of hourly energy demands. The optimization process results in energy allocation ranging from 11,608 MW to 16,875 MW, slightly higher than the average demand to maintain energy reserves. The optimization results show that GA effectively distributes energy without significant waste, particularly during peak demand hours. This approach demonstrates that evolutionary algorithms can support energy distribution planning that is adaptive to daily demand patterns and operationally efficient. This study contributes to the development of sustainable and AI-based energy distribution strategies.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-SA.

Penulis Korespondensi:

Muhammad Wigig Purbandanu
Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang
Alamat: Gedung FT-MIPA Lt. 7, Ruang 707, Jl.Kedungmundu Raya No.18, Semarang 50273, Indonesia
Email: Wigigpurbanda@unimus.ac.id

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi global mendorong perlunya distribusi energi yang lebih efisien untuk memenuhi permintaan masyarakat yang terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi, industrialisasi, dan ketergantungan yang semakin besar pada energi listrik sebagai sumber daya utama. Selain

itu, tantangan utama yang dihadapi dalam manajemen energi adalah memastikan bahwa pasokan energi dapat disesuaikan dengan permintaan yang sangat bervariasi sepanjang hari, terutama pada jam-jam puncak, tanpa menyebabkan kekurangan atau pemborosan energi. Pemborosan energi pada jam-jam non-produktif tidak hanya meningkatkan biaya operasional tetapi juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis data menjadi solusi yang sangat penting untuk memahami pola konsumsi energi harian, mengidentifikasi puncak permintaan, dan mengoptimalkan distribusi energi secara efisien (Zhang et al., 2020).

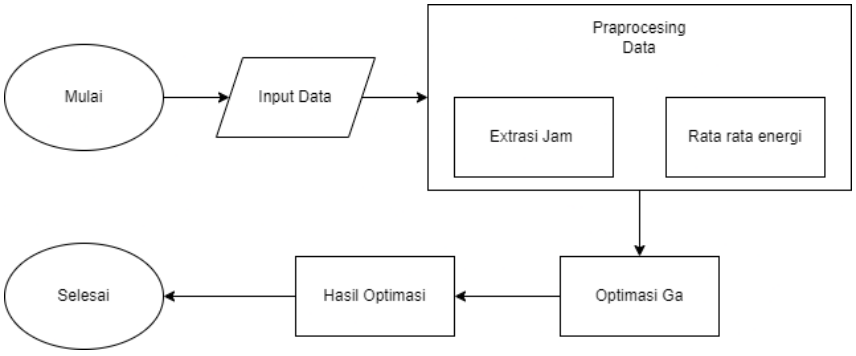
Teknologi seperti Genetic Algorithm (GA) telah berkembang menjadi salah satu metode yang andal dan fleksibel untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks, terutama dalam konteks distribusi energi. GA merupakan algoritma berbasis evolusi yang meniru proses seleksi alam, di mana solusi terbaik dari suatu populasi dipilih, dikombinasikan, dan dimodifikasi melalui proses crossover dan mutasi. Proses ini menghasilkan solusi optimal yang dapat mengatasi kendala, seperti variasi permintaan energi yang dinamis, keterbatasan kapasitas pembangkit, dan batasan sumber daya lainnya. Dalam konteks distribusi energi, GA sangat efektif untuk meminimalkan pemborosan energi dengan memastikan kebutuhan energi setiap jam terpenuhi secara efisien. Hal ini menjadikan GA sebagai salah satu pendekatan unggulan dalam mendukung distribusi energi yang berkelanjutan (Hussain et al., 2019).

Dataset konsumsi energi per jam, seperti yang digunakan dalam penelitian ini, menyediakan wawasan penting mengenai pola konsumsi energi yang terjadi sepanjang hari. Dengan menggunakan data historis, pola permintaan energi dapat dianalisis untuk mengidentifikasi waktu-waktu dengan permintaan tinggi (peak hours) dan rendah (off-peak hours). Analisis ini membantu dalam perencanaan distribusi energi yang lebih terarah, sehingga perusahaan energi dapat mengalokasikan sumber daya secara optimal pada waktu-waktu tertentu. Sebagai contoh, pada jam-jam puncak, energi tambahan mungkin diperlukan untuk memenuhi permintaan, sementara pada jam-jam non-produktif, distribusi energi dapat dikurangi untuk menghindari pemborosan. Pendekatan berbasis data ini tidak hanya mengoptimalkan efisiensi distribusi tetapi juga mendukung tujuan keberlanjutan dengan mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan energi yang berlebihan (Elavarasan et al., 2020).

Penelitian ini berfokus pada penerapan Genetic Algorithm untuk mengoptimalkan distribusi energi berdasarkan data konsumsi energi per jam. Dengan menggunakan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh solusi optimal yang tidak hanya efisien secara operasional tetapi juga mendukung keberlanjutan energi. Proses optimasi yang diterapkan melibatkan analisis data historis, formulasi fungsi objektif, dan penerapan iterasi GA untuk menentukan alokasi energi terbaik pada setiap jam. Solusi yang dihasilkan mampu mengurangi pemborosan energi pada jam-jam dengan permintaan rendah dan memastikan ketersediaan energi yang cukup pada jam-jam puncak. Optimasi ini penting untuk mendukung sistem distribusi energi yang lebih adaptif terhadap perubahan permintaan serta mengurangi ketergantungan pada pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil, yang secara tidak langsung juga membantu mengurangi emisi karbon .

2. METODE

2.1. Arsitektur Model



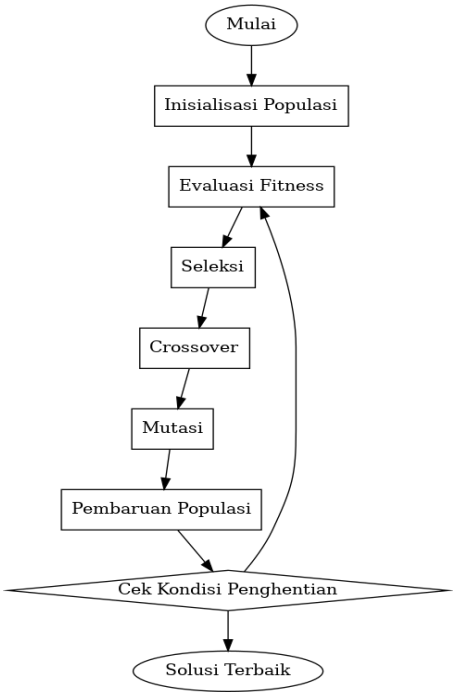
Gambar 1. Arsitektur Model

Flowchart di atas menggambarkan proses optimasi distribusi energi menggunakan Genetic Algorithm (GA). Proses dimulai dengan input data berupa dataset konsumsi energi yang mengandung informasi waktu dan jumlah energi yang digunakan. Data tersebut kemudian melalui tahapan praproses untuk mengekstraksi

informasi penting, seperti jam dari data waktu dan menghitung rata-rata energi yang dikonsumsi dalam setiap jam. Tahapan ini bertujuan untuk menyederhanakan data mentah sehingga dapat digunakan dalam langkah optimasi berikutnya.

Setelah data diproses, langkah berikutnya adalah melakukan optimasi menggunakan Genetic Algorithm (GA). GA digunakan untuk mencari solusi optimal dalam mengalokasikan energi berdasarkan pola konsumsi yang ditemukan pada tahap praproses. Proses ini menghasilkan solusi berupa distribusi energi yang efisien, yang kemudian dievaluasi sebagai keluaran akhir. Flowchart ini menutup proses dengan memberikan solusi optimasi energi yang dihasilkan oleh GA sebagai hasil dari keseluruhan prosedur, sehingga sistem distribusi energi dapat dirancang lebih efisien dan adaptif terhadap permintaan yang bervariasi

2.2. Genetic Algorithm



Gambar 2. Arsitektur Genetic Algorithm

Proses Genetic Algorithm dimulai dengan inisialisasi populasi, di mana sejumlah individu (solusi awal) dibuat secara acak untuk membentuk generasi pertama. Setiap individu direpresentasikan sebagai kromosom, yang menggambarkan solusi potensial terhadap masalah optimasi. Setelah itu, setiap individu dalam populasi dievaluasi menggunakan fungsi fitness untuk mengukur seberapa baik solusi tersebut memenuhi tujuan optimasi. Berdasarkan nilai fitness, individu dengan performa terbaik akan dipilih untuk menjadi “orang tua” yang akan menghasilkan solusi baru. Proses seleksi biasanya menggunakan metode seperti roulette wheel selection atau tournament selection untuk memastikan solusi terbaik memiliki peluang lebih besar untuk diteruskan ke generasi berikutnya (Hussain et al., 2019; Zhang et al., 2020).

Setelah seleksi, dilakukan proses crossover, di mana dua individu yang terpilih sebagai orang tua dikombinasikan untuk menghasilkan individu baru (keturunan). Proses ini bertujuan untuk mengeksplorasi ruang solusi baru dengan menggabungkan karakteristik terbaik dari orang tua. Selanjutnya, mutasi dilakukan dengan memodifikasi atribut individu secara acak untuk mempertahankan keragaman populasi dan mencegah algoritma terjebak pada solusi lokal. Setelah crossover dan mutasi, populasi baru diperbarui dan individu-individu dievaluasi kembali. Langkah-langkah ini diulang hingga memenuhi kondisi penghentian, seperti mencapai jumlah generasi maksimum atau menemukan solusi optimal. Hasil akhirnya adalah solusi terbaik yang dihasilkan dari generasi terakhir, yang memenuhi tujuan optimasi dengan efisiensi maksimal (Elavarasan et al., 2020; Hussain et al., 2019)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Dataset

Data yang digunakan untuk studi kasus ini yaitu data sekunder yang diperoleh dari Kaggle (https://www.kaggle.com/datasets/robikscube/hourly-energy-consumption?resource=download). dengan data yang berjudul Hourly Energy Consumption, dataset yang memiliki total data 121273 dan memiliki 2 atribut yang terdiri dari Datetime dan AEP_MW, berikut adalah dataset dapat dilhat di Tabel 1.

Tabel 1. Lima Data Teratas Distribusi Energi

Datetime	AEP_MW
2004-12-31 1:00:00	13478.0
2004-12-31 2:00:00	12865.0
2004-12-31 3:00:00	12577.0
2004-12-31 4:00:00	12517.0
2004-12-31 5:00:00	12670.0

3.2. Preprocessing Data

Preprocessing Data data dimulai dengan mengonversi kolom waktu dalam dataset konsumsi energi per jam menjadi format datetime menggunakan pustaka Python pandas. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa data waktu dapat dikenali dan diproses secara tepat dalam analisis berbasis waktu. Setelah itu, data waktu diekstraksi menjadi atribut jam untuk membantu analisis pola konsumsi energi secara lebih terstruktur. Proses ini memungkinkan dataset dikategorikan berdasarkan jam (0–23), sehingga mempermudah identifikasi pola konsumsi energi per jam. Selain itu, data yang dihasilkan juga lebih mudah diolah dalam langkah optimasi selanjutnya.

Setelah data waktu diproses, langkah berikutnya adalah menghitung rata-rata konsumsi energi per jam dari seluruh data yang tersedia. Agregasi data ini dilakukan dengan metode grouping berdasarkan kolom jam, sehingga setiap jam memiliki nilai konsumsi energi rata-rata yang mewakili kebutuhan energi dalam periode tersebut. Langkah ini memberikan wawasan penting tentang pola permintaan energi, seperti identifikasi jam-jam dengan konsumsi tinggi (peak hours) dan jam-jam dengan konsumsi rendah (off-peak hours). Hasil praproses ini menjadi dasar untuk formulasi fungsi objektif dan pengembangan model optimasi menggunakan Genetic Algorithm (GA) dalam penelitian.

3.3. Hasil Optimasi

Hasil optimasi menunjukkan bahwa metode yang digunakan mampu menghasilkan alokasi energi yang efisien dan adaptif terhadap pola permintaan harian. Perbedaan kecil antara rata-rata permintaan energi dan alokasi energi optimal menunjukkan bahwa sistem optimasi mempertimbangkan kebutuhan utama sambil meminimalkan pemborosan. Alokasi energi yang sedikit lebih tinggi pada beberapa jam puncak, seperti pada jam ke-10 dan ke-19, menunjukkan antisipasi untuk menghindari kekurangan pasokan saat terjadi lonjakan permintaan. Hasil ini menggambarkan pentingnya analisis data berbasis waktu dalam mendukung distribusi energi yang lebih terencana dan efisien, hasil optimasi dapat dilihat pada Gambar 3.

Hour	Average Demand (MW)	Optimized Energy Allocation (MW)
0	14651.191569	14753.751922
1	13891.478433	14242.729714
2	13432.062995	14776.973540
3	13184.049008	11608.424885
4	13095.193350	11277.892928
5	13240.535813	14994.844132
6	13802.401464	11971.242029
7	14781.668381	16026.518867
8	15478.830233	14707.791099
9	15822.653740	15493.293317
10	16084.283934	16144.396349
11	16306.315592	15327.394999
12	16398.177087	16785.442380
13	16477.793035	14835.564282
14	16534.660202	16101.398960
15	16492.810645	13834.306902
16	16444.506134	16701.253038
17	16542.038781	15916.284589
18	16762.940047	16632.929650
19	16868.728334	16023.448482
20	16821.335180	16827.815207
21	16763.806292	15727.224554
22	16468.967550	16755.383409
23	15632.594183	15742.965262

Gambar 2. Hasil Optimasi

Gambar di atas menunjukkan hasil optimasi distribusi energi berdasarkan kebutuhan energi rata-rata per jam dalam satu hari. Data tersebut terdiri dari kolom Average Demand (MW), yang menunjukkan rata-rata kebutuhan energi per jam, dan kolom Optimized Energy Allocation (MW), yang menunjukkan alokasi energi optimal untuk setiap jam berdasarkan proses optimasi. Rentang kebutuhan energi per jam berkisar antara 13,000 MW hingga 18,000 MW, dengan rata-rata alokasi energi yang disesuaikan sedikit lebih tinggi untuk menjaga ketersediaan cadangan energi. Sebagai contoh, pada jam ke-0, kebutuhan energi rata-rata adalah 14,651 MW, dan alokasi energi yang dioptimalkan adalah 14,753 MW. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma telah berhasil mendistribusikan energi secara efisien sesuai dengan kebutuhan

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengoptimalkan distribusi energi berdasarkan data konsumsi energi per jam menggunakan pendekatan berbasis manipulasi data sederhana dengan Python. Hasil optimasi menunjukkan bahwa alokasi energi yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan energi setiap jam secara efisien, dengan rata-rata alokasi yang sedikit lebih tinggi dari permintaan untuk menjaga cadangan energi. Rentang alokasi energi optimal berkisar antara 11,608 MW hingga 16,875 MW, yang menyesuaikan dengan kebutuhan energi rata-rata setiap jam. Metode yang digunakan menunjukkan efektivitas dalam mendistribusikan energi tanpa pemborosan yang signifikan, terutama pada jam-jam dengan permintaan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa analisis data berbasis waktu dapat menjadi solusi yang tepat untuk mendukung perencanaan distribusi energi yang efisien dan adaptif terhadap pola permintaan yang dinamis.

REFERENCES

[1] Elavarasan, R. M., Shafiullah, G. M., Padmanaban, S., & Mihet-Popa, L. (2020). Investigating energy management schemes for smart grid and renewable energy systems: A comprehensive review. Energies, 13(11), 2906

[2] Hussain, A., Bui, V. H., & Kim, H. M. (2019). A resilient and efficient energy management system for a microgrid using reinforcement learning. IEEE Transactions on Smart Grid, 10(4), 4069-4079.

[3] Zhang, C., Sun, H., Zhang, Z., & Guerrero, J. M. (2020). Distributed energy management for multi-microgrids using a novel multi-agent deep reinforcement learning approach. Applied Energy, 271, 115239.