

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Economic Dispatch (ED) dalam Sistem Tenaga Listrik

Economic Dispatch (ED) adalah salah satu masalah optimasi utama dalam sistem tenaga listrik yang bertujuan untuk mendistribusikan beban pembangkit secara efisien, meminimalkan biaya operasional pembangkitan, sambil memenuhi permintaan daya yang ada. Pada dasarnya, ED berfokus pada penentuan kombinasi pembangkit mana yang harus diaktifkan untuk memenuhi permintaan beban dengan biaya bahan bakar yang serendah mungkin. Setiap pembangkit memiliki biaya operasional yang berbeda, dan ED bertujuan untuk memilih pembangkit yang lebih murah untuk memenuhi kebutuhan daya. (Wicaksono et al., 2024)

Tujuan ED adalah untuk mengoptimalkan distribusi daya antar pembangkit, memperhitungkan faktor seperti biaya bahan bakar, kapasitas pembangkit, dan permintaan daya yang berubah-ubah. Dalam beberapa kasus, masalah ED juga mempertimbangkan pengaruh pembangkit terbarukan yang biayanya mendekati nol, meskipun ini bisa menambah kompleksitas pengelolaan system (Maydilasari et al., 2020)

Tujuan utama Economic Dispatch (ED) adalah meminimalkan biaya bahan bakar dalam sistem pembangkit tenaga listrik untuk memenuhi permintaan beban. Proses ini melibatkan pemilihan pembangkit yang beroperasi berdasarkan biaya operasional terendah, dengan mempertimbangkan kapasitas masing-masing pembangkit serta permintaan daya yang ada. Dalam ED, pembangkit yang lebih

murah diutamakan untuk menghasilkan daya, sementara pembangkit lainnya digunakan jika diperlukan untuk memenuhi total beban.(Wibowo et al., 2021)

Pada dasarnya, ED bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi pembangkitan daya dengan cara yang paling hemat biaya. Pengoptimalan ini biasanya dilakukan dengan memecahkan fungsi objektif yang melibatkan biaya bahan bakar dari pembangkit yang beroperasi, sambil mematuhi pembatasan kapasitas dan lainnya. Hal ini membuat ED menjadi masalah optimasi yang sangat penting dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga listrik.(Muflikhah et al., 2024)

Dalam penelitian Economic Dispatch (ED) yang disederhanakan, faktor-faktor teknis seperti aliran daya dan pembatasan jarak seringkali diabaikan untuk fokus pada aspek ekonomi, yaitu meminimalkan biaya bahan bakar. Penyederhanaan ini memungkinkan penelitian untuk lebih fokus pada optimasi biaya operasional tanpa terjebak dalam kompleksitas kendala teknis yang lebih rumit. Biasanya, dalam sistem tenaga listrik nyata, masalah ED harus mempertimbangkan aliran daya antar bus, pembatasan kapasitas saluran transmisi, dan interkoneksi pembangkit yang berbeda. Namun, dalam model yang disederhanakan, kendala-kendala ini diabaikan, dan fokus utama hanya diberikan pada biaya bahan bakar untuk setiap pembangkit, dengan mempertimbangkan kapasitas maksimum dan minimum dari pembangkit yang ada. Hal ini menyederhanakan model matematika dan mempercepat perhitungan, memungkinkan untuk simulasi yang lebih cepat.

Keunggulan metode yang mengoptimalkan biaya bahan bakar dalam Economic Dispatch (ED) tanpa mempertimbangkan pembatasan teknis seperti aliran daya dan jarak antar pembangkit terletak pada kesederhanaan dan

efisiensinya. Dengan mengabaikan kendala teknis tersebut, model ED yang disederhanakan dapat fokus pada optimasi biaya bahan bakar untuk pembangkit yang beroperasi. Hal ini memungkinkan perhitungan yang lebih cepat dan lebih mudah, terutama dalam simulasi atau perencanaan jangka panjang, di mana waktu dan sumber daya terbatas.

Tanpa faktor teknis seperti aliran daya atau jarak antar pembangkit, model ini menjadi lebih mudah diimplementasikan dan meminimalkan kompleksitas komputasi. Ini sangat berguna dalam konteks studi atau simulasi awal untuk memahami tren biaya dan pemilihan pembangkit secara ekonomis. Namun, meskipun disederhanakan, hasil dari model ini masih memberikan gambaran yang valid mengenai distribusi daya berdasarkan biaya bahan bakar, yang merupakan aspek penting dalam perencanaan pengelolaan sistem tenaga listrik. menunjukkan bahwa meskipun pembatasan teknis tidak dipertimbangkan, metode ini masih efektif dalam mencari solusi yang optimal untuk masalah ED yang berfokus pada efisiensi biaya bahan bakar. (Zhang et al. 2020)

Metode konvensional seperti Lambda-iteration, Gradient method, dan Newton-Raphson telah lama digunakan untuk menyelesaikan ED. Namun, metode-metode ini sering kali kurang efisien dalam menangani fungsi biaya non linear yang kompleks dan berpotensi terjebak di solusi lokal (Chakrabarti & Halder, 2010). Hal ini mendorong penelitian lebih lanjut untuk menemukan metode yang lebih robust dalam menghadapi kompleksitas ED, salah satunya adalah dengan menggunakan algoritma Firefly.

2.2 Algoritma Firefly

Algoritma Firefly adalah salah satu metode metaheuristik yang terinspirasi oleh perilaku kunang-kunang dalam mencari pasangan. Dalam konteks Economic Dispatch (ED), algoritma ini digunakan untuk mengoptimalkan biaya bahan bakar dengan cara mencari solusi terbaik di antara berbagai pilihan pembangkit yang tersedia, tanpa terjebak pada solusi lokal yang suboptimal. Keunggulan utama dari algoritma Firefly adalah kemampuannya untuk mengeksplorasi ruang solusi secara global, menghindari jebakan solusi lokal yang sering ditemui dalam metode optimasi tradisional. Mirzaei et al. (2021)

Algoritma Firefly bekerja berdasarkan prinsip bahwa kunang-kunang lebih tertarik pada cahaya yang lebih terang. Setiap solusi dalam ruang pencarian dianggap sebagai sebuah "kunang-kunang" yang memiliki tingkat kecerahan yang sesuai dengan kualitas solusi (misalnya, biaya bahan bakar yang lebih rendah). Dengan demikian, solusi dengan biaya yang lebih rendah (terang) akan menarik solusi lain untuk bergabung dan bergerak menuju solusi terbaik.

Salah satu alasan mengapa algoritma Firefly efektif dalam menghindari solusi lokal adalah karena algoritma ini menggabungkan mekanisme eksplorasi (mencari solusi baru di area yang luas) dan eksploitasi (memperbaiki solusi yang sudah ditemukan) secara seimbang. Hal ini memungkinkan pencarian solusi global yang lebih optimal dalam masalah ED, terutama ketika menghadapi fungsi biaya yang kompleks dan nonlinier. Sn Arunachalam (2020)

Algoritma Firefly memiliki kemampuan eksplorasi yang baik berkat mekanisme daya tarik antar-firefly yang memungkinkan pencarian solusi pada

berbagai wilayah dalam ruang solusi. Hal ini menjadikannya efektif untuk menangani masalah ED yang kompleks dan multi-modal, seperti masalah dengan efek valve-point dan batasan non-linear lainnya (Reddy et al., 2021). AF memiliki struktur algoritma yang sederhana, sehingga relatif mudah untuk diimplementasikan pada berbagai masalah optimasi, termasuk ED. Proses iteratif AF yang berbasis pada intensitas cahaya firefly mempermudah adaptasi algoritma terhadap berbagai fungsi objektif dan kendala ED (Bhattacharya & Chattopadhyay, 2020).

2.3 Efisiensi dalam Mencari Solusi Optimal

FA mampu menemukan solusi optimal dengan lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya untuk mengeksplorasi ruang solusi secara efektif melalui mekanisme berkedip yang meniru perilaku kunang-kunang, yang menarik individu lain ke solusi yang lebih baik

2.4 Sistem Tenaga Listrik IEEE 30 Bus

Sistem 30 bus adalah jaringan tenaga listrik skala menengah yang sering digunakan dalam penelitian dan simulasi untuk menganalisis berbagai aspek operasi dan kontrol sistem tenaga. Jaringan ini terdiri dari 30 titik hubung atau node yang terhubung melalui saluran transmisi dan trafo, di mana setiap bus dapat berfungsi sebagai titik suplai daya dari generator, titik konsumsi daya dari beban, atau titik referensi untuk menjaga kestabilan sistem.

Dalam sistem ini, terdapat tiga jenis bus utama, yaitu bus pembangkit (generator bus), bus beban (load bus), dan bus referensi (slack bus). Bus

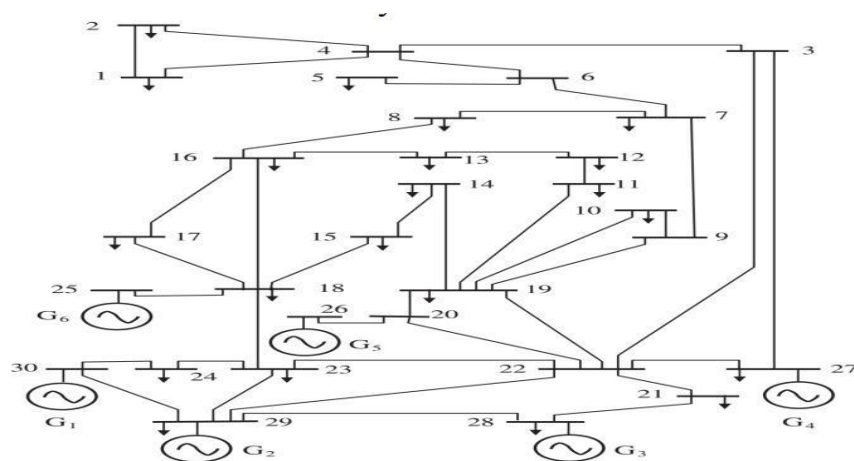
pembangkit berfungsi sebagai titik injeksi daya aktif dan reaktif dari pembangkit listrik ke jaringan. Bus beban adalah titik konsumsi listrik yang mewakili pelanggan atau industri yang menggunakan energi. Sementara itu, bus referensi atau slack digunakan sebagai titik acuan tegangan dan sudut fase, serta bertanggung jawab untuk menyeimbangkan perbedaan daya dalam sistem. Struktur jaringan ini juga mencakup saluran transmisi yang menghubungkan bus-bus tersebut, dengan impedansi tertentu yang mempengaruhi aliran daya dan stabilitas sistem.

Sistem IEEE 30 Bus adalah salah satu model standar yang sering digunakan untuk simulasi masalah Economic Dispatch (ED) dalam penelitian sistem tenaga listrik. Model ini terdiri dari 30 bus, yang menghubungkan pembangkit, beban, dan saluran transmisi. Dalam sistem ini, terdapat 6 generator dengan karakteristik biaya bahan bakar yang berbeda-beda, serta 41 saluran transmisi. Meskipun penelitian ini mengabaikan faktor aliran daya atau pembatasan jarak antar bus, penting untuk memahami struktur dasar sistem ini, terutama bagaimana data tentang kapasitas pembangkit dan beban digunakan untuk menentukan distribusi pembangkit yang optimal. Jadhav et al. (2020)

Secara teori, sistem 30 bus ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara berbagai elemen dalam jaringan tenaga listrik. Dalam simulasi ED, pembangkit dengan biaya bahan bakar yang lebih rendah diutamakan untuk memenuhi permintaan daya, sementara pembangkit yang lebih mahal baru digunakan jika dibutuhkan untuk memenuhi sisa permintaan. (Gupta et al. 2021)

2.5 Implementasi Algoritma Firefly pada Sistem IEEE 30 Bus

Penerapan algoritma Firefly pada sistem IEEE 30 Bus umumnya bertujuan untuk mengoptimalkan pembagian beban daya secara efektif agar biaya operasi minimum dapat tercapai, sekaligus memenuhi berbagai batasan operasional. Sistem IEEE 30 Bus adalah sistem standar yang terdiri dari 30 bus, 6 generator, dan 41 jalur transmisi. Sistem ini biasanya digunakan untuk simulasi masalah *Economic Dispatch* (ED) dalam jaringan daya besar untuk menguji algoritma optimasi dalam hal konvergensi, keakuratan, dan ketahanannya dalam menghadapi kendala yang kompleks.



2.1 Gambar system 30 Bus. Sumber (Foqha et al.,2024)

Tabel 2.1

Peneliti Terdahulu

No	Nama	Judul peneliti	Hasil penelitian
1	Agrawal, A., Paliwal, P., Arya, A., Thakur, T., & Siddiqui, N.	Multi-Objective Combined Economic Emission Dispatch using Modified Firefly Algorithm: A Case Study of India	Mengembangkan algoritma Firefly yang dimodifikasi untuk dispatch ekonomi dan emisi di India
2	Maydilasari, M. P., Zuliari, E. A., & Wati, T.	Economic Emission Dispatch Mempertimbangkan Valve- Point Effect Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)	Menggunakan PSO untuk dispatch ekonomi dengan mempertimbangkan efek valve-point
3	Moreno- Castro, J., Ocaña Guevara, V. S., León Viltre, L. T., Gallego Landera, Y., Cuaresma Zevallos, O., & Aybar-Mejía, M	economic Emission Dispatch menggunakan Whale Optimization Algorithm untuk Penentuan Biaya Reduksi Emisi.	Mengoptimalkan dispatch emisi ekonomi menggunakan Whale Optimization Algorithm

4	Muflikhah, I. L., Raharjo, J., & Sastrosubroto, A. S.	Optimasi Economic Emission Dispatch menggunakan Whale Optimization Algorithm untuk Penentuan Biaya Reduksi Emisi	Mengoptimalkan dispatch emisi ekonomi menggunakan Whale Optimization Algorithm
5	Raharjo, J..	Optimasi Kombinasi Biaya Bahan Bakar dan Emisi Pembangkit Energi Listrik menggunakan Teknik Reduksi Tempat Kedudukan	Menggunakan teknik reduksi tempat kedudukan untuk mengoptimalkan biaya bahan bakar dan emisi
6	Simamora, Y., Hajar, I., & Fernandes, A.	Penerapan Algoritma Kunang – Kunang (Firefly Algorithm) untuk Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial	Menggunakan algoritma Firefly untuk optimasi rekonfigurasi jaringan distribusi
7	Wang, H., Xu, Y., Yi, Z., Xu, J., Xie, Y., & Li, Z.	A Review on Economic Dispatch of Power System Considering Atmospheric Pollutant Emissions	Meninjau dispatch ekonomi pada sistem tenaga dengan mempertimbangkan emisi polutan atmosfer

8	Wibowo, B. S., Handoko, S., & Hermawan, H.	Optimasi Ekonomi dan Emisi Pembangkit Listrik di Kalimantan menggunakan Dragonfly Algorithm	Menggunakan Dragonfly Algorithm untuk optimasi ekonomi dan emisi pembangkit listrik di Kalimantan
9	Wicaksono, A., Wibowo, R. S., & Negara, I. M. Y.	Optimasi Perencanaan Operasi Pembangkit Listrik Berbasis Mixed Integer Linear Programming (MILP) Pada Sistem Isolated Selayar	Menggunakan MILP untuk perencanaan operasi pembangkit listrik pada sistem isolated
10	Wu, J., Wang, Y.-G., Burrage, K., Tian, Y.-C., Lawson, B., & Ding, Z	An improved firefly algorithm for global continuous optimization problems	Mengembangkan algoritma Firefly yang ditingkatkan untuk masalah optimasi global
11	Yang, X.-S.	The Firefly Algorithm: An Introduction	Pengenalan algoritma Firefly