

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Economic Dispatch (ED) adalah salah satu masalah penting dalam sistem tenaga listrik yang bertujuan untuk mendistribusikan beban pembangkit energi secara efisien dengan biaya serendah mungkin, sambil memenuhi kebutuhan daya yang ada dan mempertimbangkan berbagai batasan teknis sistem. Dalam ED, pembangkit listrik yang memiliki biaya operasi terendah akan digunakan terlebih dahulu untuk memenuhi permintaan beban, dengan pembangkit lainnya ditambahkan jika diperlukan untuk memenuhi sisa permintaan (Moreno-Castro et al., 2023).

Tujuan utama dari Economic Dispatch (ED) adalah untuk meminimalkan biaya operasional pembangkit listrik dengan cara mendistribusikan beban pembangkit secara efisien, sambil memastikan bahwa permintaan daya dapat dipenuhi dan batasan teknis sistem tetap terjaga. Ini mencakup pengoptimalan penggunaan pembangkit dengan biaya bahan bakar terendah terlebih dahulu, dan menambahkan pembangkit lain jika diperlukan. ED juga harus mempertimbangkan berbagai kendala seperti kapasitas pembangkit, batasan produksi, serta faktor-faktor lain seperti variabilitas dari sumber energi terbarukan. Dalam hal ini, ED dapat diformulasikan sebagai fungsi objektif non-linear dengan pembatasan tertentu, dan teknik optimasi seperti algoritma Firefly dapat digunakan untuk mencari solusi optimal, terutama untuk sistem tenaga besar yang memiliki banyak pembangkit (Moreno-Castro et al., 2023)

Pentingnya optimasi dalam pengelolaan sistem tenaga listrik untuk efisiensi dan keandalan sangat krusial, terutama dalam menghadapi tantangan sistem tenaga yang semakin kompleks. Optimasi memungkinkan distribusi daya yang lebih efisien, mengurangi biaya operasional, dan meminimalkan pemborosan energi. Melalui optimasi, pengelolaan pembangkit listrik dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban secara dinamis, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga menjaga kestabilan sistem. (Wang et al., 2024)

Algoritma Firefly adalah salah satu metode optimasi berbasis *metaheuristic* yang dikembangkan oleh Xin-She Yang pada tahun 2008. Algoritma Firefly adalah metode metaheuristik yang terinspirasi oleh perilaku kawanan kunang-kunang dalam mencari pasangan atau cahaya. Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan memanfaatkan fenomena kedip cahaya yang dihasilkan oleh kunang-kunang sebagai indikator kualitas solusi. Dalam algoritma ini, setiap solusi dianggap sebagai cahaya yang dipancarkan oleh kunang-kunang, dan kualitas solusi tersebut ditentukan oleh tingkat cahaya yang dihasilkan. Kunang-kunang dengan cahaya yang lebih terang akan menarik kunang-kunang lainnya untuk mengeksplorasi daerah solusi yang lebih baik. Algoritma ini menggabungkan aspek eksplorasi dan eksloitasi untuk menemukan solusi optimal. Penerapan algoritma Firefly dalam berbagai masalah optimasi, termasuk optimasi jaringan dan pemrograman linier. (Yang, n.d.)

Algoritma Firefly (FA) memiliki kemampuan untuk menghindari jebakan solusi lokal dengan cara memanfaatkan sifat-sifat alami dari cahaya yang dipancarkan oleh kunang-kunang dalam pencarian solusi optimal. Dalam

algoritma ini, kunang-kunang yang lebih terang menarik kunang-kunang yang kurang terang untuk bergerak ke arah mereka, sehingga setiap individu dapat mengeksplorasi ruang solusi lebih baik. Meskipun demikian, salah satu kelemahan dari algoritma ini adalah kecenderungannya untuk terjebak di solusi lokal. Untuk mengatasi hal ini, beberapa penelitian telah mengembangkan varian algoritma Firefly yang meningkatkan keseimbangan antara eksplorasi global dan eksploitasi lokal, salah satunya dengan memperkenalkan penyesuaian dinamis pada ukuran langkah dan bobot inersia adaptif. (Zhang et al. 2024)

Algoritma Firefly (FA) menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode optimasi tradisional seperti metode Newton-Raphson atau program linear. Salah satunya adalah kemampuan untuk mencari solusi global, yang merupakan tantangan bagi banyak metode optimasi tradisional yang cenderung terjebak pada solusi lokal, terutama ketika masalahnya memiliki banyak minimum lokal. Metode Newton-Raphson, misalnya, sering kali memerlukan titik awal yang baik dan hanya efektif untuk masalah yang memiliki konveksitas atau linearitas tertentu (Simamora et al., 2019)

Algoritma Firefly memanfaatkan perilaku alami kunang-kunang untuk menjelajahi ruang solusi secara lebih luas, yang meningkatkan kemungkinan menemukan solusi global daripada metode tradisional yang hanya berfokus pada solusi lokal. Selain itu, FA mampu menangani berbagai jenis masalah optimasi tanpa perlu asumsi linearitas atau kekontinuan pada fungsi objektif (Wu et al., 2020)

Algoritma Firefly (FA) memiliki relevansi yang signifikan dalam menyelesaikan masalah Economic Dispatch (ED) yang bersifat kompleks, terutama karena kemampuannya dalam menangani fungsi non linier dan optimasi global. Masalah ED, yang melibatkan penentuan pembagian daya pembangkit untuk memenuhi permintaan beban dengan biaya minimal, sering kali melibatkan kendala dan karakteristik nonlinier yang dapat membuat solusi tradisional menjadi kurang efektif. (Agrawal et al., 2024)

Dalam konteks ED, algoritma Firefly dapat mengatasi tantangan ini dengan menggunakan pendekatan berbasis pencarian global yang dapat mengeksplorasi ruang solusi secara luas dan menghindari jebakan pada solusi lokal, yang sering terjadi pada algoritma optimasi tradisional seperti metode Newton-Raphson. FA dapat secara efektif menangani pembatasan kapasitas pembangkit, biaya bahan bakar, dan ketidakpastian yang terkait dengan energi terbarukan, yang semuanya sering muncul dalam permasalahan ED yang kompleks.(Raharjo, 2021)

Sistem IEEE 30 Bus adalah salah satu sistem referensi yang sering digunakan dalam simulasi dan validasi algoritma dalam penelitian sistem tenaga listrik. Sistem ini terdiri dari 30 bus (titik penghubung antara generator, transformator, dan beban), 41 saluran transmisi, serta 6 generator, yang menggambarkan jaringan distribusi daya listrik pada skala menengah. Sistem ini dilengkapi dengan informasi tentang kapasitas pembangkit, konsumsi daya beban, serta berbagai parameter teknis lainnya yang digunakan untuk menguji berbagai

metode optimasi dan algoritma dalam manajemen dan pengelolaan daya.(Moreno-Castro et al., 2023)

1.2 Masalah Penelitian

Penelitian tentang economic dispatch (ED) diperlukan untuk mengembangkan metode optimalisasi yang lebih efisien dalam mengurangi biaya bahan bakar sebagai komponen terbesar biaya operasi pembangkit hingga dapat menekan total biaya pembangkitan dan membuat biaya listrik lebih terjangkau bagi konsumen.

Berdasarkan latar belakang maka masalah penelitian ini adalah sejauh mana penerapan algoritma firefly dalam menyelesaikan masalah *economics dispatch* (ED) pada sistem tenaga Listrik IEEE 30 bus.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah penelitian di atas, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis efektivitas algoritma Firefly dalam mengoptimalkan biaya bahan bakar pembangkitan pada sistem 30 bus IEEE .

1.4 Batasan Masalah

a. Fokus penelitian

Fokus penelitian ini hanya berfokus pada optimasi biaya bahan bakar tanpa memperhitungkan aliran daya atau pembatasan jaringan

b. Batasan pada Sistem Jaringan

Penelitian ini dibatasi pada penggunaan model sistem tenaga listrik IEEE 30 bus, yang merupakan model uji standar dan tidak mencakup karakteristik spesifik jaringan di lapangan. Hasil optimasi yang diperoleh akan berlaku

pada sistem 30 bus ini dan mungkin tidak sepenuhnya sesuai dengan jaringan nyata yang memiliki lebih banyak variabel dan kompleksitas.

c. Kendala Sistem Tenaga

Optimasi economic dispatch dalam penelitian ini hanya mempertimbangkan kendala-kendala umum, seperti batasan kapasitas pembangkit dan batasan permintaan beban pada sistem 30 bus IEEE. Faktor-faktor eksternal lainnya seperti perubahan cuaca, biaya bahan bakar variabel, atau penambahan sumber energi terbarukan tidak termasuk dalam cakupan penelitian.

d. Kriteria Efektivitas

Efektivitas algoritma Firefly dalam penelitian ini hanya akan diukur berdasarkan total biaya operasi pembangkitan dan waktu komputasi. Aspek lain seperti dampak terhadap emisi karbon atau pengaruhnya terhadap kualitas daya (power quality) tidak akan dibahas dalam penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Implementasi algoritma firefly dalam *economic dispatch* meningkatkan operator sistem tenaga listrik untuk mengoptimalkan pembangkit daya secara lebih efisien

- b. Manfaat Akademis

Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang sistem tenaga listrik dan optimasi, khususnya terkait penerapan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah economic dispatch. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti lain dalam mengeksplorasi dan membandingkan algoritma optimasi lainnya untuk aplikasi serupa.

c. Manfaat Praktis bagi Operator Sistem Tenaga

Hasil penelitian ini memberikan wawasan bagi operator sistem tenaga listrik mengenai alternatif optimasi biaya pembangkitan yang efektif dan efisien. Dengan pemahaman mengenai efektivitas algoritma firefly operator dapat mempertimbangkan penerapan metode optimasi ini dalam operasi sistem tenaga skala menengah dan besar.

d. Manfaat Ekonomis

Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi total biaya pembangkitan dalam sistem tenaga listrik melalui penggunaan algoritma firefly untuk optimasi ED. Pengurangan biaya operasional ini dapat berdampak positif pada harga jual listrik, yang pada akhirnya memberikan keuntungan ekonomis baik bagi penyedia energi maupun konsumen.

e. Manfaat Lingkungan

Dengan mengoptimalkan economic dispatch yang lebih efisien, konsumsi bahan bakar pada pembangkit listrik dapat ditekan, sehingga dapat menurunkan emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya. Manfaat ini mendukung upaya keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan dampak negatif dari operasional pembangkit listrik.