

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pembangkitan listrik menjadi titik krusial tantangan energi dan lingkungan yang dihadapi Indonesia sebagai negara berkembang. Mayoritas pembangkit di Indonesia adalah pembangkit termal (seperti PLTU, PLTG, PLTGU, PLTD) yang bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi utamanya. Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin terbatas telah menyebabkan lonjakan harga, hal ini langsung membuat biaya produksi listrik membengkak, sebab semakin tinggi beban pada pembangkit termal, semakin banyak pula bahan bakar yang digunakan dan semakin besar biaya operasionalnya. Oleh karena itu, upaya untuk menekan biaya operasi hingga tingkat minimum, khususnya melalui efisiensi biaya bahan bakar, menjadi sebuah keharusan.

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus bertumbuh, seiring dengan laju pembangunan ekonomi nasional. Menurut Yoga Tri Nugraha dkk (2021) dianalisa bahwa : Tingkat pemakaian listrik di Kota Medan pada tahun 2020 sampai 2030 meningkat 5,99 % setiap tahunnya. Seiring kemajuan teknologi, pemanfaatan perangkat elektronik untuk mendukung berbagai aktivitas masyarakat juga kian meningkat. Seiring dengan kemajuan era digital, ketergantungan masyarakat pada perangkat elektronik terus meningkat, yang berimplikasi pada lonjakan konsumsi listrik nasional. Kondisi ini berpotensi menjadi masalah serius jika ketersediaan pasokan energi tidak mampu mengimbangi tingkat kebutuhan. Menghadapi

tantangan ini, PLN sebagai penyedia energi listrik dituntut untuk dapat memenuhi permintaan tersebut secara andal, namun dengan biaya operasi yang seminimal mungkin. Oleh karena itu, penerapan *Economic Dispatch* menjadi solusi yang relevan. *Economic Dispatch* dirancang untuk mengatasi permasalahan optimasi di PLN dengan cara mendistribusikan beban secara efisien ke setiap unit pembangkit, sehingga biaya bahan bakar dapat ditekan ke tingkat terendah.

Analisis penghematan biaya pembangkitan listrik dikenal sebagai *Economic Dispatch*. Pada dasarnya, ini adalah proses pembagian beban secara optimal ke setiap unit pembangkit agar total biaya produksi pada suatu waktu menjadi seminimal mungkin. *Economic Dispatch* adalah metode untuk menemukan cara paling efisien dalam membangkitkan listrik, sehingga total biaya dari seluruh unit pembangkit menjadi seminimal mungkin. (Subramani dkk, 2008). Dalam bidang *Artificial Intelligence*, terdapat sebuah konsep bernama *Swarm Intelligence*, yaitu kumpulan algoritma yang meniru kecerdasan kolektif dari kawanan hewan atau koloni serangga. Salah satu implementasi terkenalnya adalah *Firefly Algorithm* (FA), sebuah pendekatan yang mengadaptasi fenomena kerlipan cahaya pada kunang-kunang. Metode *Firefly Algorithm* (FA) dirancang oleh Dr. Xin-She Yang (2007) dengan meniru tiga perilaku kunang-kunang. Perilaku kunci yang diadopsi adalah sifat di mana setiap kunang-kunang akan bergerak mendekati individu lain yang cahayanya lebih terang tanpa memandang jenis kelamin (*unisex*), intensitas cahaya atau kecerahan kunang-kunang ditentukan oleh nilai fungsi tujuan dari masalah yang diberikan, dan intensitas

cahaya dari kunang-kunang akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak (Yang, 2007).

Penelitian dilakukan dengan menganalisa data pembebanan dan penggunaan bahan bakar unit pembangkit dari data PT. PLN NP UP Belawan yang merupakan salah satu pembangkit energi listrik untuk menyuplai kebutuhan listrik kota Medan. Solusi optimasi dilakukan menggunakan perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode *Firefly Algorithm*. Algoritme kunang-kunang dipilih karena terbukti lebih efektif untuk menyelesaikan masalah optimasi jika dibandingkan dengan metode alternatif seperti *Bacterial Foraging Optimization Algorithm*, *Particle Swarm Optimization* dan *Genetic Algorithm* (Subramanian & Thanushkodi, 2013).

1.2 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini hanya menggunakan data dari dua unit pembangkit.
2. Studi ini memanfaatkan data pembebanan tiap unit pembangkit, data pembebanan maksimum dan minimum tiap unit pembangkit dan data penggunaan bahan bakar pembangkit.
3. Analisis mengenai biaya dan penyebab rugi-rugi daya secara spesifik dikecualikan dari ruang lingkup penelitian ini.
4. Perhitungan dilakukan dengan metode *Firefly Algorithm*.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menganalisa *Economic Dispatch* menggunakan metode *Firefly Algorithm* untuk mencari solusi optimal biaya bahan bakar pada sistem pembangkit energi listrik ?
2. Seberapa besar biaya yang dapat diminimalkan setelah optimasi dilakukan menggunakan *Economic Dispatch* ?
3. Seberapa optimal hasil perhitungan metode *Firefly Algorithm* dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa *Economic Dispatch* menggunakan metode *Firefly Algorithm* untuk mencari solusi optimal biaya bahan bakar pada sistem pembangkit energi listrik.
2. Memperoleh biaya bahan bakar pembangkitan yang ekonomis menggunakan *Economic Dispatch* dengan *Firefly Algorithm*.
3. Mengetahui apakah metode *Firefly Algorithm* mendapatkan hasil yang lebih optimal dibanding metode *Lagrange Multiplier*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoretis dan praktis.

Secara teoretis, penelitian ini bertujuan untuk memperkuat atau menguji teori yang sudah ada, sehingga berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan.

Sementara itu, secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menawarkan solusi nyata untuk memecahkan permasalahan yang ada di lapangan.

1. Manfaat Teoritis

- a. Penelitian ini memperkaya kajian teoritis mengenai penerapan algoritma metaheuristik, khususnya *Firefly Algorithm*, dalam menyelesaikan masalah optimasi sistem tenaga listrik seperti *Economic Dispatch*.
- b. Studi ini menambah literatur dan wawasan akademik mengenai cara kerja, keunggulan, serta keterbatasan *Firefly Algorithm* dalam konteks teknik elektro, sehingga dapat menjadi rujukan untuk penelitian serupa di masa depan.
- c. Hasil studi ini berguna sebagai pembanding tingkat efektivitas *Firefly Algorithm* terhadap algoritma lainnya dalam konteks permasalahan ekonomi pembebanan daya.
- d. Penelitian ini menyajikan pemodelan matematis yang terstruktur untuk permasalahan *Economic Dispatch*, yang dapat dijadikan dasar dalam pengembangan model-model optimasi lanjutan atau Simulasi jaringan tenaga listrik berskala besar dan rumit.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi perusahaan PT. PLN UP NP BELAWAN: Penerapan *Firefly Algorithm* dalam analisis *Economic Dispatch* dapat membantu perusahaan pembangkitan listrik dalam mengurangi total biaya bahan bakar, dengan cara menentukan kombinasi *output* daya antar unit pembangkit secara lebih efisien. Algoritma ini mampu memberikan

solusi optimasi yang cepat dan akurat, sehingga perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan menjaga keandalan pasokan listrik tanpa harus meningkatkan beban kerja sistem secara signifikan. Dengan mengintegrasikan *Firefly Algorithm* ke dalam sistem pengambilan keputusan operasional, perusahaan dapat memperoleh dasar yang lebih kuat dalam menentukan strategi dispatch harian yang adaptif terhadap permintaan dan harga bahan bakar.

- b. Bagi penulis: melalui penelitian ini, Penulis dapat memperdalam pengetahuannya terkait prinsip-prinsip dasar *Economic Dispatch*, sistem tenaga listrik, serta penerapan algoritma optimasi modern seperti *Firefly Algorithm*. Proses penelitian melatih penulis untuk berpikir kritis dan sistematis dalam memecahkan masalah optimasi yang kompleks dan realistis, seperti pengalokasian daya antar pembangkit dengan biaya minimal. Pengalaman dalam mengaplikasikan teori ke dalam praktik nyata melalui penelitian ini menjadi bekal yang berguna bagi penulis dalam menjawab tuntutan profesional di dunia kerja maupun tuntutan akademis di jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Penulis memperoleh pengalaman dalam menyusun karya ilmiah yang terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik, serta melatih kemampuan komunikasi teknis yang penting untuk penyajian temuan-temuan studi.