

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi dalam beberapa waktu terakhir semakin meningkat karena perkembangan teknologi dan penduduk yang pesat. Salah satu energi yang paling besar digunakan adalah energi listrik [1]. Energi listrik adalah daya listrik yang digunakan dalam kurun waktu tertentu [2]. Besarnya energi listrik yang digunakan pada peralatan listrik sebanding dengan hasil kali antara tegangan (V), arus listrik (I) [3]. Sumber listrik yang dikonsumsi oleh masyarakat sebagian besar diproduksi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang menggunakan batubara dan minyak bumi sebagai bahan bakarnya yang menghasilkan emisi karbon cukup tinggi [4]. Konsumsi listrik di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan yang signifikan. Pemerintah terus berupaya meningkatkan konsumsi listrik perkapita. Berdasarkan statistik, tercatat konsumsi listrik perkapita Indonesia terus meningkat sejak tahun 2017. Pada tahun 2023 realisasi konsumsi listrik rata-rata setiap orang di Indonesia mencapai 1.285kWh/kapita. Angka ini meningkat dari 1.173 kWh/kapita pada 2022 [5].

Berdasarkan data penggunaan energi yang meningkat signifikan, perlu adanya pengembangan energi terbarukan untuk mengatasi permasalahan mengenai sumber energi fosil yang akan habis. Hal ini sesuai dengan kebijakan pemerintah yang mendorong pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) yaitu Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memprioritaskan penggunaan energi terbarukan dengan target paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 [6]. Dengan adanya regulasi tersebut pihak pemerintah Indonesia berkomitmen untuk mengembangkan energi baru dan terbarukan dengan harapan mampu mengurangi emisi karbon dari berbagai sektor. Energi terbarukan atau energi hijau merupakan sumber pembangkit listrik yang ramah lingkungan dengan tujuan mengurangi emisi karbon dari energi fosil. Tenaga surya adalah salah satu sumber alternatif yang ramah lingkungan dan menjadi fokus utama penelitian [7]. Berdasarkan letak geografisnya yang strategis dan berbentuk kepulauan Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang besar dari energi radiasi matahari.

Potensi energi surya diperkirakan mencapai 112.000 GWp, hal ini sangat berpotensi menjadikannya sebagai energi alternatif selain energi fosil dalam menghasilkan energi listrik.

Meskipun memiliki potensi yang besar, pemanfaatan energi baru dan terbarukan masih belum maksimal. Sumber energi baru terbarukan yang sudah dikonversi menjadi energi listrik tentunya dapat digunakan secara langsung oleh masyarakat dengan menggabungkan pada sistem tenaga listrik yang sudah ada seperti grid dan lain-lain [6]. Persediaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik di Indonesia masih cukup besar. Namun bahan bakar fosil adalah sumber energi yang tidak terbarukan dan akan habis suatu saat nanti. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif untuk masa depan. Salah satu cara untuk memaksimalkan potensi kedua sumber energi yaitu fosil dan energi hijau adalah dengan menggabungkan keduanya (*Hybrid*) dalam satu sistem operasi tenaga listrik yang juga merupakan salah satu solusi dalam meningkatkan sistem keandalan pasokan listrik, mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi karbon [8], [9]. Berdasarkan data potensi energi terbarukan yang dimiliki oleh Indonesia membawa dampak positif terhadap pengembangan dan kemandirian energi. Proses peningkatan laju pertumbuhan energi terbarukan salah satunya dilakukan dengan pembaruan pembangkit listrik *Hybrid*. Kementerian ESDM mencatat bahwa pada tahun 2023, terdapat sekitar 50 pembangkit *hybrid* diesel dan surya di Indonesia dengan total kapasitas 50 MW [10].

Permintaan listrik berfluktuasi secara signifikan dalam siklus 24 jam, menurun pada waktu-waktu tertentu sementara mencapai puncak tajam pada waktu-waktu lainnya. Untuk memenuhi permintaan yang berfluktuasi ini dan memastikan pengoperasian pembangkit listrik yang efisien dan efektif, strategi penjadwalan sangat penting, terutama ketika mengintegrasikan sumber energi terbarukan yang tidak stabil dan *intermittent* seperti tenaga surya [11]. Penjadwalan unit adalah proses menentukan kombinasi unit yang optimal untuk menyelesaikan masalah optimasi yang didefinisikan oleh fungsi tujuan dan kendala (dirumuskan sebagai persamaan linier). Dalam penjadwalan pembangkit listrik, unit pembangkit listrik yang tersedia dipilih, dan output setiap unit disesuaikan untuk meminimalkan biaya operasi keseluruhan sambil mematuhi kendala sistem dan unit selama periode tertentu. Masalah ini melibatkan kombinasi variabel

intermiten (seperti keadaan hidup/mati unit dan fluktuasi energi terbarukan) dan variabel kontinu (seperti output per jam), menjadikannya tantangan optimasi yang sangat kompleks, multidimensi, dan nonlinier. Algoritma genetika memiliki kemampuan untuk menghasilkan jadwal optimal dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi [12]. Dalam penelitian ini menggunakan algoritma genetika sebagai solusi alternatif untuk mengatasi kompleksitas penjadwalan pembangkit listrik, yang sulit dioptimalkan secara manual..

Algoritma genetika mengelola sekelompok individu yang mewakili solusi potensial untuk sebuah penjadwalan. Solusi-solusi ini dinilai menggunakan fungsi kebugaran, dan kemudian melalui proses seleksi, persilangan (crossover), dan mutasi [13]. Algoritma genetika diajukan dengan tujuan menyederhanakan pengaturan waktu untuk setiap aktivitas dalam sebuah proyek sesuai dengan aturan atau kondisi tertentu. Hal ini karena masalah adaptasi dapat dirumuskan dalam istilah genetika, dan untuk proyek-proyek dengan kombinasi masalah yang kompleks, konsep matematika murni tidak dapat lagi menangani pencarian solusi secara optimal. Oleh karena itu, metode yang sesuai harus digunakan untuk mencapai solusi penjadwalan yang terbaik [14].

Banyak penelitian telah dilakukan terkait sistem penjadwalan pembangkit listrik. Salah satu contohnya adalah penelitian tentang penjadwalan pada pembangkit listrik hybrid yang menggabungkan diesel dan Energi Baru Terbarukan (EBT) menggunakan metode HOMER [15]. Selanjutnya pada kapal pesiar, penjadwalan energi optimal pada sistem tenaga hibrida kapal dengan mempertimbangkan minimalisasi biaya sebagai tujuan. Selain generator diesel, konfigurasi *hybrid* yang diusulkan mencakup sistem pembangkit tenaga surya, layanan ESS dan CI di kapal untuk menggunakan SPS saat berlabuh di pelabuhan. Daya keluaran tata surya dimodelkan melalui metode matematika yang sesuai dengan rute navigasi kapal [16]. Selain itu, pada penelitian lain juga membahas mengenai penjadwalan optimal sistem mikrogrid tenaga PV-diesel hibrida dengan mempertimbangkan penyimpanan energi baterai dan ketidakpastian sumber energi terbarukan [17]. Meskipun banyak penelitian telah berfokus pada sistem penjadwalan untuk pembangkit listrik hibrida yang menggabungkan sumber energi konvensional dan terbarukan menggunakan perangkat lunak HOMER dan metode matematika, hanya sedikit penelitian yang menyelidiki sistem penjadwalan untuk

pembangkit listrik hibrida yang menggabungkan sumber bahan bakar fosil (seperti pembangkit listrik diesel) dan sumber energi terbarukan (seperti pembangkit listrik tenaga surya) menggunakan pendekatan algoritma genetika.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi komprehensif tentang pengoptimalan rencana pembangkitan daya untuk sistem hibrida yang menggabungkan pembangkit listrik bertenaga diesel (PLTD) dan bertenaga surya (PLTS). Penelitian ini menggunakan algoritma genetika untuk menentukan rencana pembangkitan daya yang optimal, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti fluktuasi energi surya akibat kondisi alam dan fluktuasi permintaan beban. Lebih lanjut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model matematika yang kompatibel dengan algoritma genetika yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan operasi jaringan listrik dalam berbagai kondisi operasi.

Berdasarkan isu dan fenomena yang diuraikan di atas, maka peneliti memfokuskan penelitian dengan topik “Optimalisasi penjadwalan sistem tenaga listrik *hybrid* menggunakan *genetic algorithm*” yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan penelitian untuk studi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rumusan fungsi tujuan untuk mengoptimalkan jadwal operasi sistem pembangkit listrik hibrida yang menggabungkan pembangkit listrik bertenaga diesel (PLTD) dan pembangkit listrik bertenaga surya (PLTS)?
2. Bagaimana kita dapat mencapai jadwal pembangkit listrik yang optimal ketika menggunakan sumber energi terbarukan yang bersifat *intermitten* dengan menggunakan algoritma genetika?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan fungsi tujuan untuk mengoptimalkan perencanaan pembangkitan daya pada sistem hibrida yang menggabungkan transportasi bertenaga diesel (PLTD) dan transportasi bertenaga surya (PLTS).
2. Mengoptimalkan perencanaan pembangkitan daya berdasarkan sumber energi terbarukan intermiten (EBT) menggunakan algoritma genetika.

1.4 Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak bergantung pada data lapangan, tetapi menggunakan data simulasi berdasarkan standar IEEE.
2. Sumber energi terbarukan terbatas pada pembangkit listrik tenaga surya.
3. Pembangkit listrik menggunakan bahan bakar fosil terbatas pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi baru mengenai optimalisasi penjadwalan sistem kelistrikan bertenaga hybrid menggunakan *genetic algorithm* yang diketahui memiliki sifat *intermittent* dan ketidakstabilan potensi energi saat pelaksanaan operasionalnya, berikut adalah manfaat penelitian ini:

1. Dapat Memberikan informasi tentang fungsi tujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan sistem tenaga hibrida.
2. Dengan menggunakan algoritma genetika, penelitian ini menyajikan fungsi penjadwalan yang efektif, khususnya untuk pembangkit listrik yang dicirikan oleh operasi intermiten karena ketidakstabilan potensi energi terbarukan.
3. Sistem penjadwalan untuk pembangkit listrik hibrida (mengintegrasikan pembangkit listrik diesel dan tenaga surya) diharapkan dapat berfungsi sebagai referensi bagi pemasok dan operator pembangkit listrik hibrida untuk mencapai penjadwalan optimal di berbagai unit pembangkit listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan penguraian secara garis besar penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan, metodologi, dan struktur penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan tinjauan pustaka dan kerangka teoritis, serta mempertimbangkan teori-teori yang berkaitan dengan sistem proteksi arus berlebih, pembangkit listrik terdistribusi, dan potensi jebakan algoritma genetika.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini merinci pemodelan hasil penelitian, mulai dari analisis data yang digunakan hingga hasil yang diperoleh.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian, termasuk spesifikasi teknis, hasil desain, hasil eksperimen (model fisik, model matematika, model analog, dll.), survei lapangan (kuesioner, wawancara, pengukuran, observasi, dll.), dan pengolahan data sekunder. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk teks deskriptif, tabel, dan gambar (termasuk gambar desain, grafik, foto, bagan, sketsa awal, ilustrasi, peta, dll.).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dan rekomendasi secara terpisah