

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi pembangkit listrik di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 64 GW, dengan pangsa terbesar PLTU batu bara sekitar 45%. Sedangkan pangsa pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT) sekitar 15%. Sisanya merupakan pembangkit berbahan bakar gas dan Bahan Bakar Minyak (BBM))[1][2]. Tingkat konsumsi listrik di Indonesia terus meningkat secara signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2018 konsumsi listrik di Indonesia telah melebihi 1.064 kWh per kapita dan pada tahun 2020 permintaan energi diperkirakan akan meningkat sebesar 6,5% setiap tahunnya [3]. Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi EBT melimpah, namun pemanfaatannya hingga saat ini masih belum banyak dilakukan [4]. Sumber energi baru terbarukan yang sudah dikonversi menjadi energi listrik tentunya bisa langsung digunakan oleh masyarakat [5]. Agar energi listrik bersumber EBT itu dapat diserap atau digunakan oleh masyarakat luas, maka dapat langsung diintegrasikan pada sistem tenaga listrik yang sudah ada seperti grid dan lain-lain [6].

Berdasarkan data penggunaan energi yang terus meningkat, maka perlu pengembangan energi terbarukan untuk mengatasi masalah sumber energi fosil yang semakin menipis [7][8]. Saat ini pemerintah terus mendorong pembangunan Energi Baru Terbarukan mengacu pada *Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2010-2025* dan Kebijakan Energi Nasional [9]. Selain mengembangkan produksi energi terbarukan, perlu juga memperhatikan energi hijau. Energi hijau merupakan sumber pembangkit listrik yang ramah lingkungan untuk mengurangi emisi energi fosil. Tenaga angin dan surya adalah salah satu alternatif yang ramah lingkungan dan menjadi fokus utama penelitian ini [10][11]. Indonesia sendiri sebagai negara yang secara geografis berbentuk kepulauan yang memiliki potensi kecepatan energi angin 154,9 GW sedangkan potensi energi surya mencapai 112.000 GWp, hal ini sangat berpotensi menjadikannya sebagai energi alternatif selain penggunaan fossil [1][11].

Melihat berlimpahnya potensi energi terbarukan yang dimiliki oleh Indonesia, dirasa dapat memberikan dampak positif terhadap kemandirian energi. Program percepatan pertumbuhan energi hijau didongkak dengan melakukan pengembangan pembangkit listrik berbasis *hybrid*. Saat ini jumlah Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) melalui energi terbarukan di Indonesia sebanyak 1.269 unit, hal ini sangat mungkin untuk mengoptimalkan kapasitas energi nasional dengan mempercepat produksi energi listrik [13]. Namun penggunaan energi terbarukan masih terbilang sulit terlebih pada sistem *hybrid* yang menggunakan lebih dari satu sumber energi, hal ini dikarenakan *intermittent* pada kondisi alam yang tidak stabil, sehingga permintaan beban tidak terpenuhi secara optimal dan penggunaan biaya semakin meningkat.

Saat ini penyaluran energi listrik secara kontinyu dan efisien kepada konsumen dengan frekuensi dan tegangan yang konstan. Pengoperasian pembangkit merupakan biaya terbesar dalam sistem tenaga listrik sehingga sangat diperlukan cara pengoperasian pembangkitan yang efisien yaitu menggunakan pembangkit energi terbarukan dapat menjadi solusi dari permasalahan yang ada. Solusi bagi produsen energi listrik terbarukan untuk menekan biaya operasi adalah dengan menentukan aliran daya yang optimal (*optimal power flow*) dari sumber energi terbarukan yang digunakan [14]. Pada sistem pembangkit, tingkat keandalan ditentukan oleh kemampuan sistem menyuplai seluruh beban yang ada. Keandalan pembangkit merupakan probabilitas suatu alat atau pendayagunaan sistem agar mampu beroperasi pada periode tertentu sesuai dengan apa yang diharapkan untuk melayani kebutuhan energi listrik, sistem pembangkit tenaga listrik sebaiknya dikembangkan sejalan dengan pertumbuhan pemakaian beban dengan pengkoordinasian yang baik, sehingga dapat dihindarkan adanya pemutusan aliran listrik yang diakibatkan pemakaian beban yang berlebihan [15].

Permintaan beban listrik selama dua puluh empat jam sehari sangat bervariasi. Pada jam - jam tertentu permintaan beban menurun, namun pada kondisi puncak permintaan beban listrik sangat tinggi [16]. Untuk memenuhi variasi permintaan beban dan agar operasional pembangkit menjadi lebih efektif dan efisien, diperlukan adanya jadwal operasional pembangkit listrik dari sumber energi

yang tidak stabil dan *intermittent* [17]. Operasi unit-unit pembangkit sebagai penentuan kombinasi yang dapat menyelesaikan permasalahan pengoptimalan yang melibatkan fungsi objektif dan konstrain berupa persamaan non-linear yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan operasi unit-unit pembangkit listrik [15]. Pada penelitian ini akan menggunakan pendekatan metode *genetic algorithm* sebagai metode alternatif dalam mengatasi kesulitan dalam optimasi yang kemampuannya untuk melakukan penjadwalan pada pembangkit listrik agar optimum.

Algoritma genetika merupakan pengelola suatu populasi individu yang merepresentasikan kandidat solusi sebuah penjadwalan. Solusi-solusi tersebut dievaluasi menggunakan fungsi fitness, dan seterusnya dilakukan seleksi, pindah silang (crossover), dan mutasi [18] Algoritma genetika ini diusulkan dengan salah satu tujuan untuk mempermudah proses pengalokasian waktu untuk setiap kegiatan dalam sebuah proyek sesuai aturan atau keadaan tertentu, karena setiap masalah yang berbentuk adaptasi dapat diformulasikan dalam terminologi genetis dan bagi proyek dengan kombinasi permasalahan yang cukup kompleks, konsep matematis murni tidak mampu lagi mengakomodasi pencarian solusi permasalahan, sehingga harus menggunakan metode yang cocok untuk mendapatkan solusi penjadwalan yang optimal [19]. *Genetic algorithm* memiliki peran penting dalam sistem penjadwalan pembangkit listrik hybrid surya dan angin karena mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi secara efisien. Dengan mempertimbangkan faktor seperti ketersediaan energi matahari dan angin, beban listrik, serta kapasitas penyimpanan baterai, *genetic algorithm* dapat menghasilkan jadwal operasi terbaik yang memaksimalkan efisiensi sistem. Selain itu, penerapan *genetic algorithm* dapat mengurangi biaya operasional dengan meminimalkan ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memperpanjang umur baterai melalui pengelolaan pengisian serta penggunaan daya yang lebih optimal. Kemampuan *genetic algorithm* dalam menangani variabilitas sumber energi terbarukan juga sangat bermanfaat, terutama dalam menghadapi fluktuasi daya akibat perubahan cuaca. Dibandingkan metode optimasi konvensional, *genetic algorithm* mampu menemukan solusi yang mendekati optimal dengan lebih cepat melalui mekanisme

seleksi, mutasi, dan crossover yang efisien. Selain itu, fleksibilitas *genetic algorithm* memungkinkan integrasi dengan sistem lain, seperti model prediksi cuaca dan sistem manajemen energi berbasis kecerdasan buatan, sehingga meningkatkan performa pembangkit listrik *hybrid* secara keseluruhan. Dengan demikian, penggunaan *genetic algorithm* dalam sistem ini dapat memastikan suplai listrik yang lebih stabil, hemat biaya, serta ramah lingkungan [20].

Penelitian mengenai sistem penjadwalan pembangkit listrik telah banyak diteliti, seperti penjadwalan pada pembangkit listrik berbasis *hybrid* antara diesel dan EBT menggunakan metode HOMER [21], Pada PLTH di Denmark disimulasikan sistem penjadwalannya menggunakan LSTM model [22], penggunaan sistem penjadwalan pembangkit *hybrid* antara pembangkit konvensional dan EBT menggunakan *dynamic programing* [23] dan PLTH Iran menggunakan pendekatan *robust optimization* [24]. Meskipun banyak penelitian yang melakukan studi pada sistem penjadwalan PLTH dan berfokus pada pembangkit *hybrid* antara energi kovensional dan EBT menggunakan metode HOMER dan *dynamic programing*, tetapi hanya sedikit yang melakukan studi pada sistem penjadwalan pembangkit listrik tenaga *hybrid* berbasis energi terbarukan diantara PLTS dan PLTB dan berfokus pada pendekatan metode Algoritma Genetika.

Fungsi objek dalam sistem penjadwalan pembangkit listrik *hybrid* yang menggunakan energi surya dan angin dengan metode algoritma genetika (GA) berperan penting dalam mengevaluasi kualitas solusi penjadwalan yang dihasilkan. Fungsi ini dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya terbarukan, mengurangi biaya operasional, serta menjamin keandalan pasokan energi. Komponen utama dalam fungsi objek ini meliputi beberapa faktor, seperti memaksimalkan penggunaan energi terbarukan (dari surya dan angin), meminimalkan biaya operasional (termasuk biaya bahan bakar fosil dan biaya penyimpanan energi), serta memastikan keandalan pasokan energi dengan menghindari kekurangan energi yang dapat mengganggu distribusi. Selain itu, fungsi objek juga bertujuan untuk meminimalkan emisi karbon yang dihasilkan dari pembangkit berbahan bakar fosil. Fungsi objek ini biasanya berupa kombinasi dari

beberapa tujuan yang saling bersaing, yang masing-masing diberikan bobot tertentu untuk menyesuaikan prioritas sistem penjadwalan. Dalam setiap iterasi algoritma genetika, solusi yang dihasilkan akan dievaluasi berdasarkan fungsi objek ini, dengan solusi yang lebih baik dipilih untuk diproduksi kembali melalui *crossover* dan mutasi. Secara keseluruhan, fungsi objek dalam sistem penjadwalan ini memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tidak hanya optimal dalam hal biaya dan efisiensi, tetapi juga memenuhi tujuan keberlanjutan, seperti pengurangan emisi karbon dan pemanfaatan energi terbarukan yang maksimal.

Penelitian ini nantinya dapat memberikan informasi yang lengkap mengenai fungsi optimasi penjadwalan pembangkit listrik tenaga *hybrid* antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Penelitian ini nantinya juga akan mengaplikasikan metode algoritma genetika sebagai suatu metode optimisasi penjadwalan pembangkit listrik yang optimum dengan faktor *intermittent* kondisi alam untuk energi surya dan angin. Penelitian ini juga bertujuan untuk membuat dan mengembangkan suatu model matematis yang cocok dengan pendekatan algoritma genetika yang akan digunakan dalam penjadwalan pengoperasian sistem tenaga listrik dengan kondisi operasi yang tetap optimal.

Berdasarkan permasalahan dan fenomenologi yang telah diuraikan diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul “Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan *Hybrid* dengan Metode *Genetic Algorithm*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka yang menjadi rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana optimasi penjadwalan pembangkit listrik *hybrid* secara optimum dengan sumber EBT yang *intermittent* dalam memenuhi permintaan beban menggunakan metode *genetic algorithm*?
2. Bagaimana nilai fungsi objektif untuk optimasi penjadwalan pada Pembangkit *Hybrid*

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah:

1. Melakukan evaluasi penjadwalan pembangkit listrik *hybrid* yang optimum dengan sumber EBT yang *intermittent* menggunakan metode *genetic algorithm* sesuai standar IEEE 1680
2. Mencari nilai fungsi objektif untuk optimasi penjadwalan pada Pembangkit listrik *hybrid* energi terbarukan (surya dan angin) menggunakan *software* Matlab R2016a 2016a.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak menggunakan data lapangan melainkan data simulasi pada sistem pembangkit EBT *hybrid* Pantai Pelabuhan Krueng Geukuh, Aceh Utara sesuai standar IEEE 1680.
2. Sumber pembangkit EBT yang digunakan hanya Energi Surya dan Energi Angin periode Maret hingga April 2024.
3. Software yang digunakan untuk menjalankan fungsi objek *Genetic Algorithm* adalah Matlab R2016a 2019a.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai optimisasi penjadwalan pada sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* sumber energi terbarukan yang *intermittent*, berikut adalah manfaat penelitian ini:

1. Dapat memberikan informasi mengenai fungsi objek untuk optimasi penjadwalan pada sistem pembangkit listrik berbasis *hybrid* pada sumber energi terbarukan.
2. Memberikan fungsi tepat guna dalam menjadwalkan pembangkit listrik secara optimal yang *intermittent* akibat ketidakstabilan energi terbarukan menggunakan metode algoritma genetika.

3. Diharapkan sistem penjadwalan pembangkit listrik energi terbarukan mampu menjadi acuan bagi penyedia dan pengelola pembangkit listrik hijau dalam melakukan penjadwalan diantara pembangkit listrik EBT secara optimal.