

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Dalam beberapa dekade terakhir, kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang dan daerah terpencil yang sulit mendapatkan akses energi listrik, memicu pengembangan Sistem Energi Terbarukan Hibrida (HRES) (Almutairi et al., 2021; Mahmoudi et al., 2021). Kelangkaan energi di negara berkembang menjadi isu global utama saat ini. Hal ini mendorong masyarakat dunia untuk beralih ke sumber energi terbarukan, mengingat semakin menipisnya bahan bakar fosil dan ancaman pemanasan global (Baruah et al., 2021). Namun, energi terbarukan memiliki kelemahan utama pada sifat stokastiknya, yang membuatnya tidak dapat diprediksi dan kurang dapat diandalkan. Oleh karena itu, penerapan HRES sangat penting, karena HRES mengkombinasikan dua atau lebih sumber energi terbarukan (Maisanam et al., 2021), sehingga dapat mengatasi kelemahan dari satu sumber energi terbarukan dengan kelebihan dari sumber lainnya (Gonzalez et al., 2018). Produksi listrik dari sumber daya energi terbarukan memiliki banyak keunggulan, seperti ketersediaan yang gratis, tidak habis-habisnya, dan pelestarian lingkungan. Lebih khusus lagi, HRES memiliki beberapa keunggulan, seperti fleksibilitas, keandalan, polusi rendah, dan sangat disesuaikan untuk menyalurkan tenaga listrik ke masyarakat terpencil, kota besar, dan kecil (El-houari et al., 2021). Meskipun memiliki potensi dalam menghasilkan energi dan sering dianggap bebas emisi, energi terbarukan seperti tenaga matahari, tenaga angin, dan pengembangan tenaga air tidaklah tanpa dampak lingkungan. Pengembangan teknologi energi terbarukan yang tidak sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dapat menimbulkan masalah lain yang berdampak positif maupun negatif terkait dengan efek kesehatan manusia dan perubahan iklim. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan teknologi energi terbarukan dengan mempertimbangkan prinsip pembangunan berkelanjutan (Mayer et al., 2020; Nazir et al., 2019).

HRES telah menarik perhatian banyak peneliti, dan banyak penelitian dilakukan di bidang ini (Moazzami et al., 2018). Beberapa penelitian yang

menonjol menggunakan perangkat lunak *Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources* (HOMER) telah dilakukan. Sebagai contoh, sebuah penelitian di Iran telah menemukan model HRES *off-grid* yang paling optimal dari perspektif lingkungan dan ekonomi menggunakan HOMER (Mehrpooya et al., 2018). Penelitian lain telah mengevaluasi masalah teknis, beban listrik, lingkungan, dan ekonomi pada rumah tinggal dengan hasil yang positif (Ma et al., 2018). Laboratorium Penelitian Luar Angkasa Nigeria juga telah menggunakan HOMER untuk mengevaluasi aspek lingkungan dan ekonomi (Samson et al., 2019). Sebuah penelitian menunjukkan bahwa energi terbarukan dari HRES *off-grid* dapat 100% memenuhi kebutuhan energi di enam desa terpencil dengan dampak lingkungan yang rendah (Aghapouramin, 2020). Penelitian lain menggunakan algoritma PSO dalam melakukan optimasi desain HRES untuk University of Lethbridge yang dipasang secara *on-grid* dengan hasil yang mengurangi emisi karbon lebih dari 75% serta *loss of power supply probability* sebesar 5% (Mansouri Kouhestani et al., 2020). Sebuah penelitian di India menunjukkan bahwa penggunaan *multi-objective genetic algorithm* (NSGA-II) pada perangkat lunak MATLAB dapat menghasilkan sistem hibrida yang mampu memenuhi permintaan listrik pada daerah terpencil dekat wilayah Sundarbans dengan biaya energi sebesar 0,1967 \$/kWh dan mengurangi emisi CO₂ sebesar 75.832 kg/tahun (Roy et al., 2022). Selain itu, penelitian lain menggunakan dua metode NSGA-II dan IDEA yang menunjukkan bahwa optimasi NSGA-II memiliki keluaran lebih unggul dari aspek lingkungan dan ekonomi (Das et al., 2021). Meskipun banyak penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi aspek ekonomi dan energi dari HRES, masih sedikit penelitian yang berfokus pada aspek energi dan lingkungan untuk HRES di kawasan yang akan dijadikan perkotaan atau pemukiman.

Dalam menentukan sumber energi terbarukan yang tepat untuk dipergunakan dalam HRES, keputusan yang diambil seringkali tidak langsung mengenai pokok permasalahannya. Hal ini disebabkan karena dalam menentukan HRES memerlukan kriteria yang kompleks. Selain itu pengembangan desain HRES untuk wilayah pemukiman baru perlu analisis mendalam mengenai potensi sumber energi terbarukan. Tantangan utamanya adalah mengetahui ketersediaan energi terbarukan di wilayah tersebut sebelum merancang sistem HRES yang

optimal. Aspek lain seperti karakteristik beban listrik, pola konsumsi, dan perkembangan masa depan juga harus dipertimbangkan. Penelitian tentang desain HRES *grid-connected* dengan fokus pada aspek energi dan lingkungan masih terbatas. Beberapa penelitian cenderung parsial, hanya mengarah pada satu aspek seperti energi atau lingkungan, atau berfokus pada kajian ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang menggabungkan metode dan perangkat lunak yang sesuai untuk merancang HRES *grid-connected* secara optimal. Terutama yang berkaitan dengan pemilihan energi terbarukan hibrida yang cocok untuk pembukaan kawasan pemukiman baru, seperti kawasan IKN Nusantara yang direncanakan akan menjadi Ibu Kota Negara baru Republik Indonesia. Pada penelitian ini, kebaruan terletak pada desain HRES *grid-connected* dengan menggunakan usulan perangkat lunak HOMER dikombinasikan dengan MCDM CRITIC-TOPSIS ditinjau dari aspek energi dan lingkungan untuk kawasan IKN Nusantara.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mengidentifikasi ketersediaan dan potensi energi terbarukan di kawasan pemerintahan IKN Nusantara?
2. Bagaimana langkah dalam merancang desain HRES terbaik berdasarkan Ketersediaan energi terbarukan?
3. Bagaimana menentukan desain HERS paling optimal dengan menggunakan CRITIC-TOPSIS?

1.3. Tujuan Penelitian

Secara garis besar, tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan desain terbaik dari energi terbarukan hibrida dari aspek energi dan lingkungan di kawasan pemerintahan IKN Nusantara. Adapun rincian-rincian tujuan lain dalam penelitian ini, terpapar sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui ketersediaan energi terbarukan di kawasan pemerintahan IKN Nusantara.
2. Untuk mendesain HRES berdasarkan ketersediaan energi terbarukan di kawasan pemerintahan IKN Nusantara menggunakan HOMER.

3. Melakukan pengambilan keputusan multi kriteria untuk alternatif desain terbaik dengan menggunakan metode CRITIC-TOPSIS.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan dari penelitian skripsi ini yaitu:

1. Alternatif pembangkit listrik menggunakan sistem energi terbarukan hibrida membantu memanfaatkan potensi energi terbarukan di kawasan IKN Nusantara secara efisien, mengurangi biaya operasional, dan memiliki dampak positif terhadap lingkungan.
2. Penggunaan perangkat lunak GIS memungkinkan identifikasi potensi energi terbarukan yang tersedia di kawasan IKN Nusantara dengan lebih akurat dan efektif.
3. Perangkat lunak HOMER yang dikombinasikan dengan CRITIC-TOPSIS membantu menemukan desain terbaik energi terbarukan yang sesuai secara teknis dengan kebutuhan daya di kawasan pemerintahan IKN Nusantara.
4. Hasil penelitian ini berpotensi mempengaruhi dan memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem elektrifikasi di kawasan pemerintahan IKN Nusantara.

1.5. Struktur Organisasi

Laporan Skripsi ini terdiri dari 5 bab yang mencakup berbagai aspek penelitian. Bab I berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian. Bab II membahas teori-teori yang relevan dengan topik penelitian. Bab III menjelaskan metode penelitian yang meliputi pengumpulan data, karakteristik area studi, dan teknik pengolahan data yang digunakan. Bab IV merupakan hasil dan diskusi tentang rumusan masalah yang telah ditentukan dengan perhitungan, yang mencakup pengolahan data menggunakan kombinasi software HOMER dan algoritma CRITIC-TOPSIS. Bagian terakhir, BAB V, mencakup kesimpulan, implikasi, dan rekomendasi/saran dari proses pembahasan penelitian skripsi ini.