

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Upaya pemenuhan kebutuhan dasar manusia, merujuk pada energi dan utilitas lain terus mengalami peningkatan. Kebutuhan dasar yang dimaksudkan seperti pembangunan sosial dan ekonomi, kesehatan, mobilitas dan komunikasi, dan berproses secara generatif. Akan tetapi, bumi tidak mengalami peningkatan cadangan sumber daya alam, terlepas dari peningkatan kebutuhan dasar manusia. Atas persoalan tersebut, diperlukan usaha dalam mengamankan pasokan energi dan membatasi kontribusi energi terhadap perubahan iklim, keduanya merupakan tantangan utama sektor energi menuju masa depan yang berkelanjutan (Ahmed & Kunya, 2019).

Pembangunan berkelanjutan telah menjadi kiblat dalam perumusan kebijakan, strategi, dan rencana pengembangan nasional oleh berbagai negara. Hal ini diawali oleh usulan *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang diusung oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). SDGs sendiri mencakup 17 tujuan dan 169 target. Lebih lanjut, SDGs berperan besar dalam upaya mengatasi perubahan iklim, penyediaan energi terbarukan, pangan, kesehatan, dan air, yang memerlukan pemantauan fokus dan pemodelan secara global yang terkoordinasi secara komprehensif dari banyak faktor dengan orientasi sosial, ekonomi, dan lingkungan (Ahmed & Kunya, 2019).

Pemerintah, lembaga antar pemerintah, pihak-pihak berkepentingan, ataupun individu, tentu berharap dapat mencapai masa depan yang berkelanjutan (Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016). Harapan ini didasari oleh peluang yang diciptakan melalui penelitian-penelitian mengenai energi alternatif dari sumber energi terbarukan pengganti energi berbahan bakar fosil. Rangkaian SDGs turut membantu upaya menurunkan perubahan iklim dan menyokong masa depan berkelanjutan sebagai warisan untuk generasi mendatang (United Nations, 2023).

SDGs dan perubahan iklim terus menjadi pokok yang diamati oleh seluruh dunia, akibatnya permintaan akan kebutuhan energi dari energi terbarukan terus meningkat. Perluasan penyediaan energi listrik yang berasal dari energi terbarukan

penting sebagai mitigasi emisi gas rumah kaca dan mendukung kelestarian lingkungan. Di antara banyak jenis energi terbarukan berdasarkan sumbernya, energi terbarukan yang berasal dari angin merupakan salah satu yang terbukti efektif dalam menghasilkan listrik di seluruh dunia.

Energi angin merupakan salah satu opsi potensial untuk di jadikan pembangkit listrik karena alasan lingkungan dan layak secara finansial. Keuntungan dari penggunaan angin sebagai energi terbarukan dalam membangkitkan listrik adalah ketiadaan pancaran emisi karbon selama operasi, juga tidak menggunakan sumber daya air. Sejalan dengan perkembangan teknologi, pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) juga merupakan salah satu pembangkit listrik dengan biaya yang relatif rendah (Ajanaku *et al.*, 2022).

Salah satu indikator dalam menghitung keekonomian suatu pembangkit listrik adalah LCOE atau *levelized cost of energy* merujuk pada harga jual listrik agar *break even point* tercapai di akhir masa layannya. LCOE PLTB *onshore* yang mencapai kisaran 3,92 - 18,77 USD cent/kWh semakin kompetitif dengan jenis pembangkit listrik lainnya, seperti batu bara (4,7 – 11,9 USD cent/kWh), *solar* PV atap (6,37 – 16 USD cent/kWh), dan *solar* PV terapung (5,04 – 14,5 USD cent/kWh). Akan tetapi nilai LCOE untuk PLTB *offshore* jauh lebih mahal ketimbang lainnya, yakni sebesar 7,35 – 29,85 USD cent/kWh. Variabilitas LCOE untuk setiap teknologi disebabkan oleh perbedaan biaya kapital, biaya operasional dan perbaikan, biaya bahan baku, hingga biaya emisi (IESR, 2023). Berdasarkan tingginya nilai LCOE pada PLTB *offshore*, maka tidak dilakukan tinjauan pada aspek tersebut atas pertimbangan ekonomis.

Berdasarkan pemetaan potensi angin yang dilakukan oleh Kementerian ESDM, diketahui bahwa Kabupaten Lebak memiliki potensi pengembangan PLTB sebesar 150MW (Balai Besar Survei dan Pengujian Ketenagalistrikan EBTKE, 2021). Lebih lanjut, Pemerintah daerah Kabupaten Lebak berencana untuk menyediakan 10.000 hektar untuk kawasan industri. Apabila rencana tersebut dapat direalisasikan, maka akan terjadi lonjakan permintaan kebutuhan atas beragam energi, terutama energi listrik. Keberadaan PLTB di Kabupaten Lebak nantinya dapat turut berpartisipasi dalam penyediaan energi listrik bagi industri di kawasan tersebut (Suryana, 2022).

Penelitian ini melibatkan beberapa analisis, yakni analisis potensi energi, analisis ekonomi, dan analisis spasial. Dalam menganalisis potensi energi turut digunakan Distribusi Weibull dan Rayleigh untuk mengidentifikasi distribusi kecepatan angin, rata-rata kecepatan angin, serta potensi energi angin yang didasari oleh historis kecepatan dan distribusi angin. Adapun analisis ekonomi menggunakan analisis nilai B/C (*Benefit Cost Ratio*) dan LCOE, di mana pada B/C bernilai lebih dari satu mengindikasikan bahwa proyek layak untuk dilaksanakan. Hasil analisis dibuat dalam bentuk peta potensi proyeksi energi angin pada lokasi tinjauan, kawasan pesisir di Kabupaten Lebak, yang akan menampilkan potensi dalam konteks ketersediaan sumber energi dan kelayakan ekonomi.

Pemilihan kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten didasari oleh potensi energi angin yang tinggi di wilayah tersebut karena tidak terdapat hambatan angin, serta keberadaan sirkulasi angin laut dan daratan karena perbedaan suhu antara keduanya. Garis pantai yang panjang dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia menjadikan kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten memiliki banyak lokasi potensial turbin angin. Pada wilayah pesisir Kabupaten Lebak juga belum dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik dari tenaga angin, sehingga penelitian ini dapat menjadi *baseline* dalam pengembangan dan eksplorasi energi terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana proyeksi produksi energi listrik tahunan dari PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten?
2. Berada pada area mana sebaran proyeksi produksi energi listrik dari PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, dalam *power curve*?
3. Berapa luasan area di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten yang memiliki potensi energi angin di atas baku mutu?
4. Bagaimana nilai ekonomi dalam potensi pembangunan PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten?
5. Apa lokasi dan kombinasi turbin – ketinggian paling sesuai dalam rencana pembangunan PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi proyeksi produksi energi listrik tahunan dari PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.
2. Mengidentifikasi lokasi sebaran proyeksi produksi energi listrik dari PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, dalam *power curve*.
3. Mengidentifikasi luas area di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten yang memiliki potensi energi angin di atas baku mutu.
4. Mengidentifikasi nilai ekonomi dalam potensi pembangunan PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.
5. Mengidentifikasi lokasi dan kombinasi turbin – ketinggian paling sesuai dalam rencana pembangunan PLTB di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.

1.4 Orisinalitas Penelitian

Dalam studi pustaka yang telah dilakukan, belum dijumpai penelitian ataupun publikasi yang menggabungkan metode spasial untuk menganalisis potensi energi angin dengan tinjauan ekonomi menggunakan B/C dan LCOE di kawasan pesisir Kabupaten Lebak, Banten. Terdapat beberapa penelitian yang selaras dengan penelitian ini, seperti dimuat pada **Error! Reference source not found.**, dengan tabulasi sebagai berikut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Langer *et al.*, (2023) dengan judul *Introducing site selection flexibility to technical and economic onshore wind potential assessments: New method with application to Indonesia* yang memuat metode baru dalam asesmen potensi energi angin di Indonesia. Temuan penelitian ini adalah potensi teknis energi angin di Indonesia mencapai 207 hingga 1,994 TWh/tahun dengan nilai LCOE (*Levelized Cost of Energy*) sebesar 5,8 hingga 24,5 US \$ (2021)/kWh. Tinjauan ekonomi yang dilakukan adalah LCOE dengan meninjau *onshore* Indonesia.

M. S. & Ibochim (2009) menganalisis potensi dan estimasi energi luaran turbin angin dengan judul, “Analisa Potensi Energi Angin dan Estimasi Energi *Output* Turbin Angin di Lebak Banten”. Luaran penelitian ini adalah kecepatan tahunan rata-rata sebesar 6,96 m/s, rapat daya tahunan sebesar 225 W/m² dan rata-

rata energi listrik sebesar 3,263 GW/tahun. Tinjauan dilakukan di daerah *onshore* Kabupaten Lebak Provinsi Banten, digunakan dua metode distribusi yaitu Weibull dan Rayleigh, tidak terdapat analisis ekonomi pada penelitian ini.

Kim *et al.* (2013) melakukan penelitian dengan judul *Site selection of offshore wind farms around the Korean Peninsula through economic evaluation*, untuk mengevaluasi lokasi paling sesuai pembangunan PLTB di lepas pantai Peninsula Korea Selatan. Luaran penelitian ini adalah B/C bernilai 1,03 untuk satu dari empat lokasi identifikasi PLTB *offshore* di Peninsula Korea Selatan.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi energi, nilai ekonomi, serta lokasi paling sesuai dalam pembangunan PLTB di pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Perbedaan terletak pada penggunaan metodologi analisis, yaitu *Probability Density Function* (PDF) Weibull dan Rayleigh dalam mengidentifikasi potensi energi, B/C dan LCOE untuk analisis ekonomi. Kemudian dilakukan analisis spasial dalam mengidentifikasi lokasi paling sesuai yang layak dalam aspek energi dan ekonomi untuk PLTB di Kabupaten Lebak. Luaran yang diharapkan pada penelitian ini berupa nilai AEP, nilai B/C, LCOE serta koordinat titik yang sesuai dan layak secara ekonomi untuk PLTB di Kabupaten Lebak.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan ditetapkan dalam penelitian ini sehingga studi yang dilakukan dapat terfokus pada bahasan tertentu. Penetapan ini turut menimbang durasi dan keterbatasan dalam penelitian yang dihadapi. Adapun batasan yang diterapkan meliputi:

1. Kawasan pesisir merujuk pada desa-desa di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, yang berbatasan langsung dengan garis pantai. Desa-desa yang ditinjau meliputi desa: Bayah Barat, Karangkamulyan, Cihara, Ciparahu, Cilangkahan, Sukamanah, Sukatani, Pagelaran, Pondokpanjang, Hegarmanah, Panggarangan, Sukajadi, Situregen, Panyaungan, Cireundeu, Sawarna Timur, Cbareno, Cilograng, Sawarna, Damarsari, Muara, dan Wanasalam.
2. Diasumsikan proporsi penduduk di setiap desa dan kecamatan adalah sama, sehingga porsi desa pesisir sebesar 6,76%.

3. Kemiringan kontur tanah diasumsikan tidak menjadi variabel yang mempengaruhi potensi energi dalam penelitian ini.
4. Kondisi lingkungan diasumsikan sebagai “kota-kota kecil dengan pepohonan dan kebun”, dengan α sebesar 0,304.
5. Ukuran sel yang ditinjau potensi energi dan ekonominya adalah 1 km x 1 km.
6. Data dengan resolusi tinggi yang dibagi dengan data resolusi rendah merupakan faktor koreksi, faktor koreksi kemudian dikalikan dengan data tinjauan. Prosedur tersebut didefinisikan sebagai koreksi bias.
7. Tinjauan energi hanya dilakukan pada tinggi hub 80 hingga 130 m. penentuan ini didasari oleh saran dari penelitian terdahulu (Langer *et al.*, 2023), di mana pada ketinggian tersebut belum dilakukan identifikasi potensi energi angin di Indonesia.
8. Tinjauan potensi energi hanya dilakukan pada lokasi dengan kecepatan angin di atas 3 m/s. Penentuan ini didasari oleh *cut in wind speed* yang umumnya di atas 3 m/s.
9. Tinjauan energi hanya dilakukan pada turbin kapasitas 900 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW, dan 2500 kW.
10. Ditentukan *capacity factor* (CF) sebesar 30% sebagai baku mutu.
11. Analisis ekonomi hanya meninjau B/C dan LCOE.
12. Komponen ekonomi didasari oleh besaran dalam NREL (Stehly *et al.* 2023).
13. Diasumsikan tidak terdapat perbedaan nilai ekonomi dari fondasi tipe *pile* dan *spread*.
14. Diasumsikan bahwa PLTB telah memenuhi persyaratan untuk dikenai PPh badan.
15. Lokasi paling sesuai dalam pemanfaatan PLTB merujuk pada lokasi dengan nilai B/C paling besar untuk turbin individual di pesisir Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.
16. Kombinasi turbin – ketinggian paling sesuai dalam pemanfaatan energi angin menggunakan PLTB merujuk pada kombinasi dengan nilai B/C kumulatif terbesar untuk seluruh lokasi potensial di pesisir Kabupaten Lebak.