



LAPORAN

Pengembangan Energi Angin Proyek 400 MW di Ciracap, Jawa Barat 2024

Dokumen ini dibuat sebagai bagian dari Proyek 'Wind Energy Development in Indonesia: Investment Plan' oleh Southeast Asia Energy Transition Partnership (ETP)



ENERGY
TRANSITION
PARTNERSHIP

Powering Prosperity and Enabling Sustainability in South East Asia



UNOPS



Pondera

Kantor Pusat Belanda
Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 – pondera (088-7663372)
info@ponderaconsult.com

Mailbox 919
6800 AX Arnhem

Kantor Asia Tenggara
Jl. Mampang Prapatan XV no 18
Mampang
Jakarta Selatan 12790
Indonesia

Kantor Asia Timur Laut
Suite 1718, Officia Building 92
Saemunan-ro, Jongno-gu
Provinsi Seoul
Republik Korea Selatan

Kantor Vietnam
7th Floor, Serepok Building
56 Nguyen Dinh Chieu Street, Da Kao Ward,
District 1 Ho Chi Minh City
Vietnam

Halaman Judul

Jenis Dokumen
Prospektus PLTB

Nama proyek
Ciracap, Jawa Barat – 400 MW

Nomor versi
V5.0

Tanggal
31 Agustus 2024

Klien
UNOPS – ETP

Penulis
Pondera, Witteveen+Bos, BITA, and Quadran

Diperiksa oleh
ETP

Sanggahan

Informasi yang diberikan dalam dokumen ini diberikan "sebagaimana adanya", tanpa jaminan dalam bentuk apa pun, baik tersurat maupun tersirat, termasuk, tanpa batasan, jaminan kelayakan untuk diperdagangkan, kesesuaian untuk tujuan tertentu, dan tidak adanya pelanggaran. UNOPS secara khusus tidak memberikan jaminan atau pernyataan apa pun mengenai keakuratan atau kelengkapan informasi tersebut. Dalam keadaan apa pun, UNOPS tidak akan bertanggung jawab atas segala kerugian, kerusakan, kewajiban, atau biaya yang dikeluarkan atau diderita yang diklaim sebagai akibat dari penggunaan informasi yang terdapat di sini, termasuk, tanpa batasan, segala kesalahan, kekeliruan, kelalaian, gangguan, atau penundaan sehubungan dengan hal tersebut. Dalam keadaan apa pun, termasuk namun tidak terbatas pada kelalaian, UNOPS atau afiliasinya tidak akan bertanggung jawab atas segala kerusakan langsung, tidak langsung, insidental, khusus, atau konsekuensial, meskipun UNOPS telah diberitahu tentang kemungkinan kerusakan tersebut. Dokumen ini juga dapat berisi saran, pendapat, dan pernyataan dari dan dari berbagai penyedia informasi. UNOPS tidak menyatakan atau mendukung keakuratan atau keandalan saran, pendapat, pernyataan, atau informasi lain yang diberikan oleh penyedia informasi mana pun. Ketergantungan pada saran, pendapat, pernyataan, atau informasi lain tersebut juga menjadi risiko pembaca sendiri. Baik UNOPS maupun afiliasinya, maupun agen, karyawan, penyedia informasi, atau penyedia konten masing-masing, tidak bertanggung jawab kepada pembaca atau siapa pun atas ketidakakuratan, kesalahan, kelalaian, gangguan, penghapusan, cacat, perubahan, atau penggunaan konten apa pun di sini, atau atas ketepatan waktu atau kelengkapannya.



Daftar Isi

1	Pendahuluan Prospektus PLTB	1
2	Analisis PLTB Ciracap, Jawa Barat – 400 MW	2
2.1	Pengenalan lokasi PLTB	2
2.1.1	Lokasi geografis	2
2.1.2	Status dalam RUPTL PLN 2021-2030	3
2.1.3	Status pengembangan	5
2.2	Ketersediaan sumber daya angin dan penggunaan lahan	6
2.2.1	Pendekatan	6
2.2.2	Sumber data dan karakteristik angin	7
2.2.3	Topografi	10
2.2.4	Penggunaan lahan	11
2.2.5	Persyaratan perizinan khusus	11
2.2.6	Area WTG final	13
2.3	Tata letak awal PLTB	14
2.4	Aksesibilitas PLTB	15
2.4.1	Pengaturan transportasi Indonesia	15
2.4.2	Transportasi dari pelabuhan ke lokasi	16
2.4.3	Transportasi di dalam lokasi	22
2.5	Kondisi geologi dan kegempaan	24
2.5.1	Geologi	24
2.5.2	Kegempaan	26
2.6	Keanekaragaman hayati, kondisi sosial-ekonomi dan lingkungan	29
2.6.1	Gambaran umum	29
2.6.2	Keanekaragaman hayati dan dampak lingkungan	31
2.6.3	Dampak sosial	33
2.7	Desain jaringan transmisi	38
2.7.1	Titik koneksi	38
2.7.2	Desain skematis jaringan transmisi dan distribusi	39
2.8	Asesmen keluaran energi	40
2.8.1	Rugi-rugi energi	41
2.8.2	Keluaran energi termasuk ketidakpastian	45
2.8.3	Variasi keluaran daya	46
2.9	Asesmen kasus bisnis	46
2.9.1	Asumsi komponen	46
2.9.2	Asumsi biaya	50
2.9.3	Parameter keuangan	51
2.9.4	Hasil asesmen kasus bisnis	52
3	Kesimpulan dan Rekomendasi	53
4	Sanggahan	57



Daftar Gambar

Gambar 1. Peta Provinsi Jawa Barat di mana area PLTB Ciracap yang dibayangkan berada.	2
Gambar 2. Peta sistem kelistrikan Jawa Barat di RUPTL (Sumber: RUPTL PLN 2021-2030).	4
Gambar 3. Proyeksi produksi listrik dan beban puncak di Jawa Barat (Sumber: RUPTL PLN 2021-2030).	4
Gambar 4. Kapasitas pembangkit tambahan direncanakan untuk Jawa Barat (IPP: <i>Independent Power Producer</i> ; Sumber: RUPTL PLN 2021-2030).	5
Gambar 5. Area pencarian di Kabupaten Sukabumi dengan sebaran kecepatan angin. Kotak pembatas putus-putus berwarna ungu menunjukkan seluruh area pencarian. Bilah warna menunjukkan kecepatan angin rata-rata di atas 6 m/s pada ketinggian 100 m menurut klimatologi <i>Global Wind Atlas</i> (GWA).	7
Gambar 6. Tampilan yang diperbesar pada area pencarian Kabupaten Sukabumi, dengan sebaran kecepatan angin. Poligon dengan arsir berwarna merah mewakili area WTG akhir yang memenuhi semua kriteria. Kecepatan angin rata-rata di atas ambang batas 6 m/s pada ketinggian 100 m ditampilkan berdasarkan GWA.	8
Gambar 7. Diagram mawar angin dengan arah angin dan kategori kecepatan angin berdasarkan klimatologi 10 tahun, termasuk seri waktu data per jam tahun 2004-2015. Sumber: EMD-WRF.	9
Gambar 8. Sebaran kecepatan angin sepanjang hari, divisualisasikan per bulan dalam setahun. Berdasarkan klimatologi 10 tahun, termasuk seri waktu data per jam tahun 2004-2015. Sumber: EMD-WRF.	9
Gambar 9. Topografi area WTG Ciracap, menunjukkan kemiringan (dalam derajat; menurut perhitungan berdasarkan data FABDEM) di wilayah tersebut.	10
Gambar 10. Zona pengecualian di kabupaten Ciracap berdasarkan penggunaan lahan, topografi, dan pemukiman penduduk. Sumber: perhitungan berdasarkan elevasi FABDEM, ESRI, dan OSM.	11
Gambar 11. Peta rencana tata ruang Kabupaten Sukabumi (RTRW 2012-2032) ditumpuk dengan area WTG final.	12
Gambar 12. Area WTG final berdasarkan kriteria pembatasan. Sumber: Google Satellite Images.	13
Gambar 13. Tata letak awal PLTB di area WTG final.	14
Gambar 14. Tata letak jalan khas di pedesaan Indonesia. Jalan berliku selebar ~ 6 hingga 7 m melayani lalu lintas lokal, regional, dan nasional. Kabel listrik udara dan telekomunikasi dengan tiang di kedua sisi jalan. Bangunan-bangunan berada dalam jarak yang dekat. Di dalam kota dan kota yang lebih besar, jalan pada umumnya sedikit lebih lebar, namun dengan lebih banyak kabel udara, tiang, dan papan reklame.	15
Gambar 15. Lokasi pelabuhan terdekat. Transfer dari kapal yang lebih besar dapat dilakukan di laut lepas atau di pelabuhan pabrik semen. Transfer dari tongkang ke darat dapat dilakukan di pelabuhan perikanan atau PLTU.	17
Gambar 16. Pelabuhan dari Pelabuhan Ratu	17
Gambar 17. Bagian luar pelabuhan perikanan Pelabuhan Ratu.	18
Gambar 18. Pintu masuk ke bagian luar pelabuhan perikanan Pelabuhan Ratu.	18
Gambar 19. Dermaga sementara antara Pelabuhan Ratu dan lokasi proyek.	19
Gambar 20. Rute dari Pelabuhan Ratu (A) ke pusat lokasi (B).	19
Gambar 21. Profil jalan Rute A.	20
Gambar 22. Profil jalan Rute B.	20
Gambar 23. Profil jalan Rute C.	20
Gambar 24. Contoh jalan di rute C. Pada bagian curam seperti ini, bahu jalan juga diaspal.	21



Gambar 25. Jembatan di jalan utama. _____	21
Gambar 26. Kesan jembatan di dalam lokasi proyek yang harus ditingkatkan. _____	22
Gambar 27. Tata letak jalan yang diusulkan terdiri dari ~67 km jalan baru dan ~121 km jalan yang sudah ada yang ditingkatkan. _____	22
Gambar 28. Contoh jalan yang tidak terawat dengan baik. _____	23
Gambar 29. Contoh jalan yang terawat dengan baik. _____	23
Gambar 30. Peta geologi (Sumber: KESDM). _____	24
Gambar 31. Detail keruntuhan gravitasi, Formasi Jampang (kuning dan oranye) meluncur di atas Formasi Ciletuh (dasar abu-abu) (Ardiansyah, 2019). _____	24
Gambar 32. Indeks Kerentanan Pergerakan Tanah untuk Kawasan WTG Ciracap (Sumber: Portal Mitigasi Bencana Geologi Kementerian ESDM) _____	25
Gambar 33. Tingkat bahaya dan risiko gempa bumi di area WTG Ciracap. _____	26
Gambar 34. Peta terperinci amfiteater kuno dengan tensor tegangan, sesar mendatar (merah) dan sesar normal (biru). Hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut telah berada di bawah pengaruh rezim tegangan geser yang diikuti oleh rezim tegangan ekstensi (Nugraha, 2023). _____	27
Gambar 35. Semua gempa bumi berkekuatan >5.0 dalam 20 tahun terakhir (Sumber: USGS). _____	27
Gambar 36. Semua gempa bumi berlangsung selama 20 tahun pada kedalaman <10 km, semuanya antara M4.0-5.2 (Sumber: USGS). _____	28
Gambar 37. Risiko likuefaksi (Sumber: Geoportal One Map Kebencanaan Kementerian ESDM). _____	28
Gambar 38. Kesan lokasi. Di sebelah kanan adalah cekungan bentang alam dan lereng curam dengan hutan dan hutan primer. Kawasan ini dikelilingi oleh agroforestri, perkebunan dan desa-desa kecil. _____	29
Gambar 39. Kesan situs. Di sebelah kanan adalah cekungan lanskap dan lereng curam dengan hutan dan hutan primer. Kawasan ini dikelilingi oleh agroforestri, perkebunan, dan desa-desa kecil. _____	30
Gambar 40. Kesan sisi timur dari lokasi proyek _____	30
Gambar 41. Area di mana flora dan fauna yang disebutkan di atas telah diamati (meliputi lokasi ladang angin yang dibayangkan dan sekitarnya). _____	31
Gambar 42. Peta penggunaan lahan berdasarkan citra satelit (ESRI/Sentinel 2, 2022). _____	33
Gambar 43. Tingkat pertumbuhan penduduk dan penduduk tahunan di Kabupaten Sukabumi pada tahun 2021-2023 (Sumber: BPS Kabupaten Sukabumi (bps.go.id)). _____	35
Gambar 44. Piramida kependudukan di Kabupaten Sukabumi tahun 2023 (Sumber: BPS Kabupaten Sukabumi (bps.go.id)). _____	35
Gambar 45. Lokasi gardu induk PLN 150 kV Pelabuhan Ratu Baru. Sumber: Google Maps. _____	39
Gambar 46. Desain skematis jaringan transmisi dan distribusi di PLTB Ciracap yang dibayangkan. _____	39
Gambar 47. Representasi skematis posisi saluran transmisi udara antara pembangkit listrik dan gardu induk Pelabuhan Ratu Baru. _____	40
Gambar 48. Hasil kecepatan angin rata-rata jangka panjang dengan model windPRO, berdasarkan klimatologi GWA, pada ketinggian 140 m di lokasi turbin. Lingkaran berbingkai hitam mewakili turbin angin, sedangkan warna dalam lingkaran menunjukkan kecepatan angin rata-rata jangka panjang masing-masing. © OpenStreetMap. _____	41
Gambar 49. Lokasi tiang pengukuran meteorologis yang direkomendasikan. _____	54



Daftar Tabel

Tabel 1. Daftar fauna yang diamati (sumber: GBIF) yang setidaknya hampir terancam menurut kategori daftar merah global IUCN. Spesies yang ditulis dengan teks berwarna abu-abu artinya tidak bertanggal atau diamati sebelum tahun 2000 (mulai dari 1890-2000).	32
Tabel 2. Daftar flora yang diamati (sumber: GBIF) yang setidaknya hampir terancam menurut kategori daftar merah global IUCN. Spesies yang ditulis dengan teks berwarna abu-abu artinya tidak bertanggal atau diamati sebelum tahun 2000 (mulai dari 1890-2000).	32
Tabel 3. Tingkat partisipasi angkatan kerja dan tingkat pengangguran terbuka di Kabupaten Sukabumi pada tahun 2021-2023 (Sumber: BPS Jawa Barat).	36
Tabel 4. Pekerja menurut pendidikan tertinggi (orang) di Kabupaten Sukabumi mulai tahun 2023 (Sumber: BPS Kabupaten Sukabumi).	36
Tabel 5. Angka partisipasi murni di Kabupaten Sukabumi pada tahun 2022-2023 (Sumber: BPS Kabupaten Sukabumi).	37
Tabel 6. Fasilitas pendidikan di Kabupaten Sukabumi tahun 2021 (Sumber: Statistics of Sukabumi Regency (bps.go.id)).	37
Tabel 7. Indeks Pembangunan Manusia, Indeks Pemberdayaan Gender, dan Indeks Pembangunan Gender di Kabupaten Sukabumi Tahun 2021-2023 (Sumber: BPS Kabupaten Sukabumi).	38
Tabel 8. Rugi-rugi yang diperkirakan di tingkat PLTB.	41
Tabel 9. Hasil energi untuk semua WTG di PLTB Ciracap.	45
Tabel 10. Jumlah turbin angin yang relevan untuk PLTB Ciracap yang dibayangkan.	47
Tabel 11. Daftar asumsi tentang komponen pekerjaan sipil.	48
Tabel 12. Daftar asumsi komponen pekerjaan listrik.	49
Tabel 13. Asumsi biaya per komponen biaya.	50
Tabel 14. Hasil penilaian kasus bisnis.	52



1 Pendahuluan Prospektus PLTB

Prospektus PLTB ini merupakan salah satu hasil keluaran dalam proyek berjudul *Wind Energy Development in Indonesia: Investment Plan*. Proyek ini diprakarsai oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (KESDM), dikelola oleh Southeast Asia Energy Transition Partnership (ETP), dan diselenggarakan oleh United Nations Office for Project Services (UNOPS). ETP adalah kemitraan multi-donor yang dibentuk oleh mitra pemerintah dan filantropi untuk mempercepat transisi energi berkelanjutan di Asia Tenggara sejalan dengan Persetujuan Paris dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. UNOPS adalah pengelola dana dan tuan rumah Sekretariat ETP.

Delapan lokasi PLTB potensial di Pulau Jawa dan Sumatra telah dinilai kelayakan tekno-ekonominya. Lokasi tersebut adalah Aceh Besar (Aceh), Dairi (Sumatra Utara), Gunung Kidul (DI Yogyakarta), Kediri (Jawa Timur), Padang Lawas Utara – Tapanuli Selatan (Sumatra Utara), Ponorogo (Jawa Timur), Probolinggo – Lumajang (Jawa Timur), dan Ciracap (Jawa Barat). Temuan-temuan dari penelitian ini dikonsolidasikan dalam prospektus PLTB per lokasi, di mana dokumen ini dibuat untuk PLTB Ciracap. Dalam setiap prospektus, hal-hal berikut disertakan:

Bagian 2.1: Pengenalan lokasi

- Lokasi geografis
- Penyebutan dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN 2021-2030 dan status pengembangan saat ini

Bagian 2.2: Ketersediaan sumber daya angin dan penggunaan lahan

- Karakteristik angin di area yang dibayangkan
- Topografi di area yang dibayangkan
- Penggunaan lahan di area yang dibayangkan, termasuk persyaratan perizinan
- Kesimpulan tentang batas-batas area PLTB yang dibayangkan

Bagian 2.3: Desain tata letak awal PLTB

Bagian 2.4: Aksesibilitas

- Transportasi ke PLTB, termasuk penyesuaian jalan dan pembangunan infrastruktur baru yang diperlukan
- Transportasi di dalam lokasi, termasuk penyesuaian jalan dan pembangunan infrastruktur baru yang diperlukan

Bagian 2.5: Kondisi geologi dan kegempaan

Bagian 2.6: Keanekaragaman hayati, kondisi sosio-ekonomi dan lingkungan

Bagian 2.7: Desain jaringan transmisi

- Pemilihan titik koneksi di jaringan PLN
- Desain skematis jaringan transmisi dan distribusi

Bagian 2.8: Asesmen keluaran energi, berdasarkan ketersediaan sumber daya angin dan tata letak awal PLTB

Bagian 2.9: Asesmen kasus bisnis, berdasarkan biaya PLTB dan keluaran energi

Bagian 3: Kesimpulan keseluruhan tentang kelayakan tekno-ekonomi PLTB dan rekomendasi langkah selanjutnya dalam pengembangan PLTB

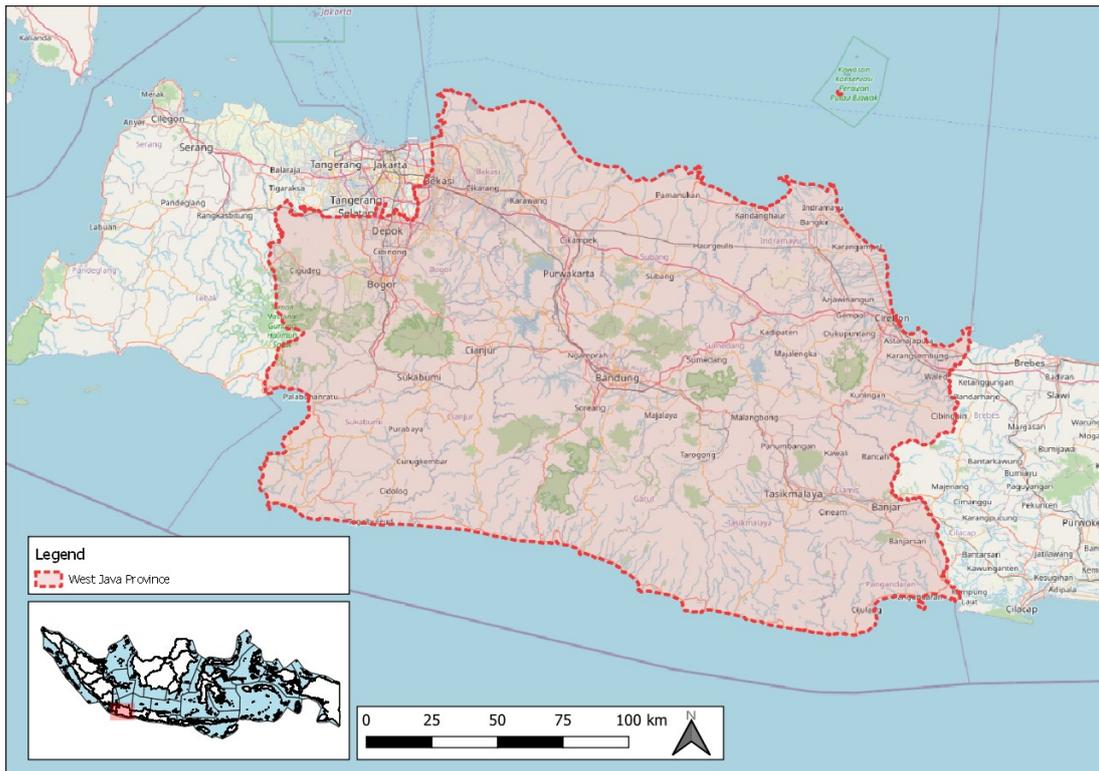


2 Analisis PLTB Ciracap, Jawa Barat – 400 MW

2.1 Pengenalan lokasi PLTB

Bagian ini memperkenalkan lokasi PLTB, yaitu Jawa Barat (Ciracap) dalam tiga bagian: (1) lokasi geografis, (2) status dalam RUPTL, dan (3) status pengembangan.

2.1.1 Lokasi geografis



Gambar 1. Peta Provinsi Jawa Barat di mana area PLTB Ciracap yang dibayangkan berada.

Gambar 1 menunjukkan peta dari Jawa Barat, sebuah provinsi yang terletak di ujung barat Pulau Jawa. Provinsi yang tepat berada di sebelah Jawa Barat adalah DKI Jakarta, Banten, dan Jawa Tengah. Provinsi Jawa Barat memiliki luas area 37.040 km². Provinsi ini merupakan salah satu provinsi dengan kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia, dengan sekitar 49,4 juta penduduk pada tahun 2022 ¹. Dari segi PDB (Produk Domestik Bruto/GDP) per kapita, Jawa Barat berada di peringkat ke-23 di seluruh provinsi di Indonesia (Rp 49,04 juta) ². Selain itu, pertumbuhan ekonomi Jawa Barat pada tahun 2023 (c-to-c) adalah sebesar 5,0% ³. Sebagai konteks, pertumbuhan ekonomi Indonesia pada tahun tersebut adalah 5,05% (c-to-c) ⁴.

¹ <https://jabar.bps.go.id/indicator/12/36/1/jumlah-penduduk-menurut-jenis-kelamin.html>

² <https://www.statista.com/statistics/1423411/indonesia-per-capita-gdp-at-current-prices-of-provinces/>

³ <https://jabar.bps.go.id/news/2024/02/05/657/perekonomian-jawa-barat-tahun-2023.html>

⁴ <https://www.bps.go.id/en/pressrelease/2024/02/05/2379/indonesias-gdp-growth-rate-in-q4-2023-was-5-04-percent-y-on-y-.html>



Jawa Barat dikenal antara lain sebagai salah satu penyumbang PDB terbesar bagi Indonesia (34,5%)⁵. Sebagian besar perekonomian Jawa Barat disokong oleh industri manufaktur besar yang ada di provinsi tersebut, khususnya di daerah Bekasi, Cikarang, Karawang, Subang, dan Bandung. Sektor pertanian juga berperan dalam perekonomian, meskipun dalam skala yang lebih kecil. Produk pertanian yang populer meliputi beras, jagung, dan berbagai macam buah-buahan dan sayur-sayuran. Jawa Barat juga memiliki beberapa destinasi wisata terkenal seperti pemandian air panas Ciater, Taman Nasional Gede Pangrango, Kebun Raya Bogor, dan Kawah Tangkuban Perahu.

Seperti yang disebutkan di atas, Jawa Barat merupakan salah satu pusat industri terbesar di Indonesia. Lebih dari 40 Kawasan Industri terletak di provinsi ini. Lima Kawasan Industri terbesar di Jawa Barat adalah sebagai berikut ⁶:

1. Kawasan Industri Jababeka (5.600 ha)
2. Pusat Industri Internasional Greenland (1.804 ha)
3. Kota Industri MM2100 (1.700 ha)
4. Lippo Cikarang (1.645 ha)
5. Kota Industri Internasional Karawang (1.479 ha)

Perlu diperhatikan bahwa beberapa Kawasan Industri ini mungkin sudah memiliki pembangkit listrik khusus untuk memenuhi kebutuhan listrik masing-masing. Sementara itu, hanya terdapat satu Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) di Jawa Barat, yaitu KEK Lido (1.040 ha)⁶. KEK ini diresmikan baru-baru ini pada tahun 2023 sebagai KEK pariwisata.

Dalam Lampiran E RUPTL PLN 2021-2030, PLN mencantumkan strategi pemenuhan permintaan listrik baru/tambahan dari empat konsumen listrik 'besar' di Jawa Barat, yaitu:

1. Kawasan Industri Dwipapuri Abad (170 MW)
2. Kota Industri Baru Karawang (150 MVA)
3. *Jatiluhur Industrial Smart City* atau Kawasan Industri MOS (255 MW)
4. Smelter BCMG Tani Berkah (0,8 MW)

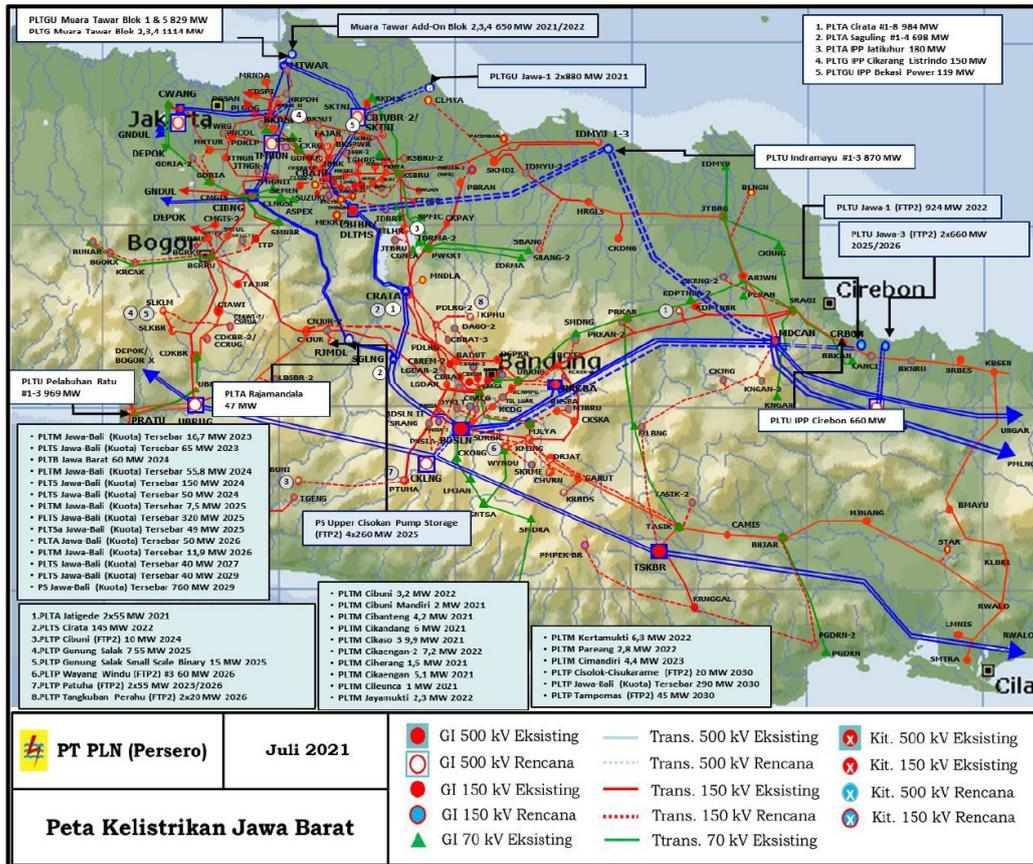
Subbagian selanjutnya akan menjelaskan proyeksi tingkat permintaan listrik provinsi, yang antara lain mempertimbangkan permintaan masa depan dari konsumen yang disebutkan di atas. Lokasi PLTB yang dipertimbangkan terletak di Kabupaten Sukabumi tepatnya di Ciracap, di wilayah barat daya Jawa Barat.

2.1.2 Status dalam RUPTL PLN 2021-2030

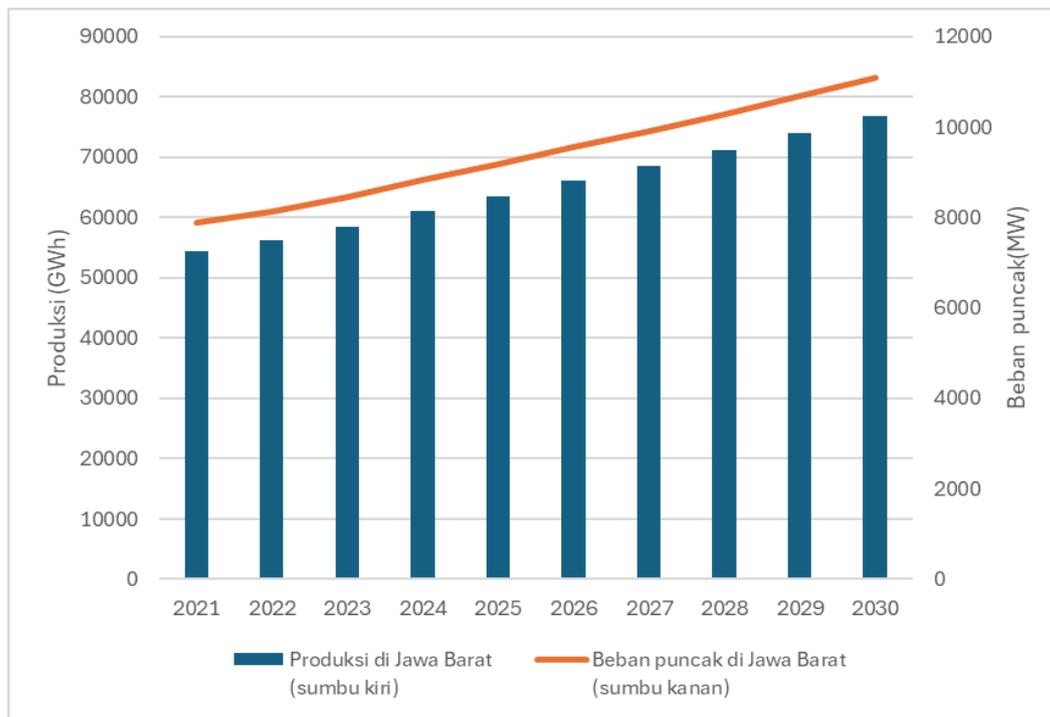
Sistem kelistrikan Jawa Barat digambarkan pada Gambar 2. Sistem ini terdiri dari saluran transmisi 70, 150, dan 500 kV yang sudah ada, sedangkan perluasan jaringan ini dan gardu induk pelengkapannya sedang direncanakan atau dibangun. Sementara itu, berdasarkan RUPTL PLN 2021-2030, beban puncak provinsi ini pada tahun 2020 sebesar 7.712 MW. Proyeksi produksi energi dan beban puncak pada 2021-2030 ditunjukkan pada Gambar 3. Produksi energi maupun beban puncak diperkirakan akan tumbuh dalam periode tersebut. Selain itu, tingkat pertumbuhan beban puncak tahunan rata-rata adalah sekitar 3,88%.

⁵ <https://jabarprov.go.id/en/selayang-pandang>

⁶ <https://regionalinvestment.bkpm.go.id/pir/kawasan-industri-kek/>



Gambar 2. Peta sistem kelistrikan Jawa Barat di RUPTL (Sumber: RUPTL PLN 2021-2030).



Gambar 3. Proyeksi produksi listrik dan beban puncak di Jawa Barat (Sumber: RUPTL PLN 2021-2030).



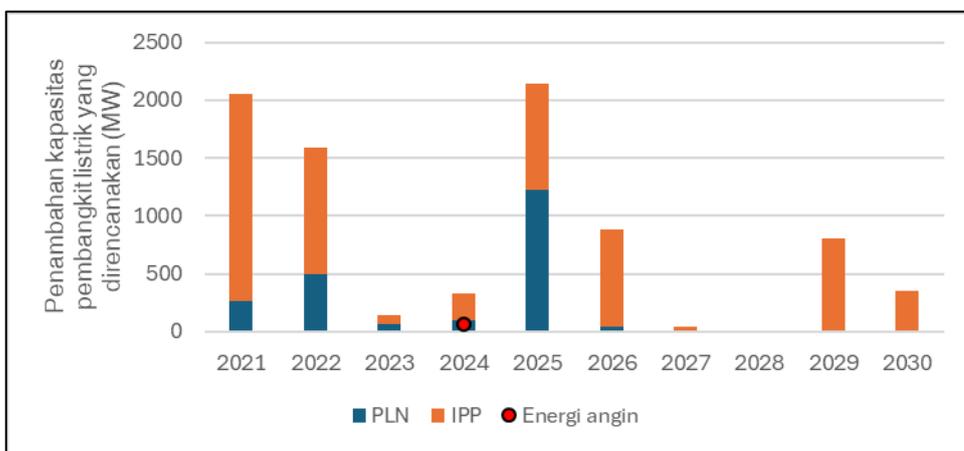
ENERGY TRANSITION PARTNERSHIP





Dokumen RUPTL juga menyajikan perencanaan pengembangan pembangkit listrik, yang telah dirangkum pada Gambar 4. Pembangkit listrik tenaga konvensional dan terbarukan diperhitungkan dalam perencanaan tersebut. Pembangkit listrik tambahan umumnya dikategorikan menjadi tiga sumber, yaitu, PLN, *Independent Power Producer* (IPP), dan kerja sama Wilayah Usaha. Namun, hanya PLN dan IPP yang tercantum sebagai sumber untuk Jawa Barat.

Di antara penambahan pembangkit listrik yang direncanakan, terdapat satu entri untuk energi angin, yang jumlahnya 60 MW untuk COD pada tahun 2024. Diharapkan IPP (bukan PLN) akan ditunjuk sebagai pengembangnya. Selain alokasi tersebut, RUPTL juga mengidentifikasi potensi tenaga angin Jawa Barat di Cirebon (85 MW), Garut (150 MW), dan Sukabumi (670 MW). Area PLTB yang dianalisis dalam prospektus ini kemungkinan akan tumpang tindih dengan potensi 670 MW terakhir.



Gambar 4. Kapasitas pembangkit tambahan direncanakan untuk Jawa Barat (IPP: *Independent Power Producer*; Sumber: RUPTL PLN 2021-2030).

2.1.3 Status pengembangan

Sepengetahuan kami, ada beberapa pengembang yang aktif di Jawa Barat, termasuk di Kabupaten Sukabumi. Salah satu pengembang tersebut adalah PT Barito Renewables Energy Tbk (BREN), yang pada awal tahun 2024 menyelesaikan akuisisi mayoritas saham PT UPC Sukabumi Bayu Energi (UPC)⁷. PLTB Ciemas sekarang sudah memasuki tahap akhir pengembangannya⁸, sejak dimulai pada tahun 2016⁹. Berdasarkan informasi dari UPC, pengukuran angin telah dilakukan sejak saat itu. Studi kelayakan proyek tersebut sudah diserahkan ke PLN pada tahun 2019, sebelum diperbarui pada tahun 2021⁹. Area PLTB Ciemas tidak termasuk dalam penilaian potensi energi angin dalam prospektus PLTB ini, guna menghindari tumpang tindih pekerjaan dengan BREN.

⁷ <https://investasi.kontan.co.id/news/barito-renewables-bren-rampungkan-akuisisi-saham-pltb-lombok-dan-sukabumi>

⁸ <https://finance.detik.com/bursa-dan-valas/d-7124030/emiten-prajogo-pangestu-caplok-3-aset-pembangkit-kebudun-angin-ri>

⁹ <https://www.liputan6.com/regional/read/4653974/pltb-ciemas-hadir-sukabumi-jadi-negeri-kincir-anginnya-asia-tenggara>



2.2 Ketersediaan sumber daya angin dan penggunaan lahan

2.2.1 Pendekatan

Untuk menentukan lokasi di mana turbin angin dapat ditempatkan, salah satu faktor terpenting yang perlu dipertimbangkan adalah kecepatan angin. Faktor ini sangat menentukan batas-batas yang dibayangkan dari lokasi yang cocok untuk pembangunan generator turbin angin (yaitu area *Wind Turbine Generator*/WTG). Dalam proses selanjutnya, faktor-faktor tambahan dipertimbangkan, yang mengarah ke area WTG final. Bagian ini memberikan gambaran singkat tentang faktor-faktor yang menghasilkan area WTG final. Data yang digunakan untuk membentuk area WTG didasarkan pada informasi geografis sumber terbuka. Pemeriksaan lapangan tambahan telah menunjukkan bahwa data sumber terbuka memberikan tingkat detail yang cukup dalam fase proyek ini.

Pemilihan area WTG untuk lokasi ini dimulai dengan mengidentifikasi area dengan kecepatan angin rata-rata di atas 6 m/s pada ketinggian 100 m. Proses penyaringan awal ini menggunakan data kecepatan angin diikuti dengan dimasukkannya parameter lebih lanjut, termasuk penggunaan lahan (jalan, jalur kereta api, daerah pemukiman dan bangunan) dan topografi (lereng/kemiringan). Selain itu, risiko vulkanik dan seismik kemudian dipertimbangkan dalam Bagian 2.5. Ringkasnya, rangkaian kriteria pembatasan pertama yang diterapkan dalam pemilihan area WTG adalah sebagai berikut:

- Kecepatan angin (> 6 m/s)
- Kemiringan (< 15 derajat, dengan penyangga 100 m di sekitar punggung bukit curam)
- Jalan (dengan penyangga 150 m)
- Jalur kereta api (dengan penyangga 150 m)
- Kawasan pemukiman dan bangunan (dengan penyangga 250 m)

Langkah selanjutnya adalah mempertimbangkan "*go / no-go zones*." Sesuai dengan namanya, kategori zona ini menunjukkan apakah suatu kawasan tertentu dapat mengakomodasi pengembangan PLTB tanpa batasan/kondisi signifikan yang harus dipenuhi (*go zone*), dapat mengakomodasi pengembangan PLTB dengan batasan/ketentuan signifikan yang harus dipenuhi (*go zone* dengan batasan), atau tidak dapat mengakomodasi pengembangan PLTB (*no-go zone*). Zona ini ditentukan dengan mempertimbangkan penggunaan lahan, yaitu keberadaan cagar alam, kawasan lindung, dan bandara, serta jalur perairan dan badan air, berdasarkan OpenStreetMap (OSM). Selain itu, kebijakan yang ada (misalnya rencana tata ruang wilayah) dan peraturan (misalnya tentang perizinan) khusus untuk wilayah tersebut juga dipertimbangkan.

Jarak penyangga tertentu diterapkan pada setiap kasus untuk meminimalkan risiko yang memungkinkan gangguan, masalah keselamatan, dan konflik penggunaan lahan. Langkah ini menghasilkan area WTG final. Kriteria pembatasan kedua yang diperiksa meliputi:

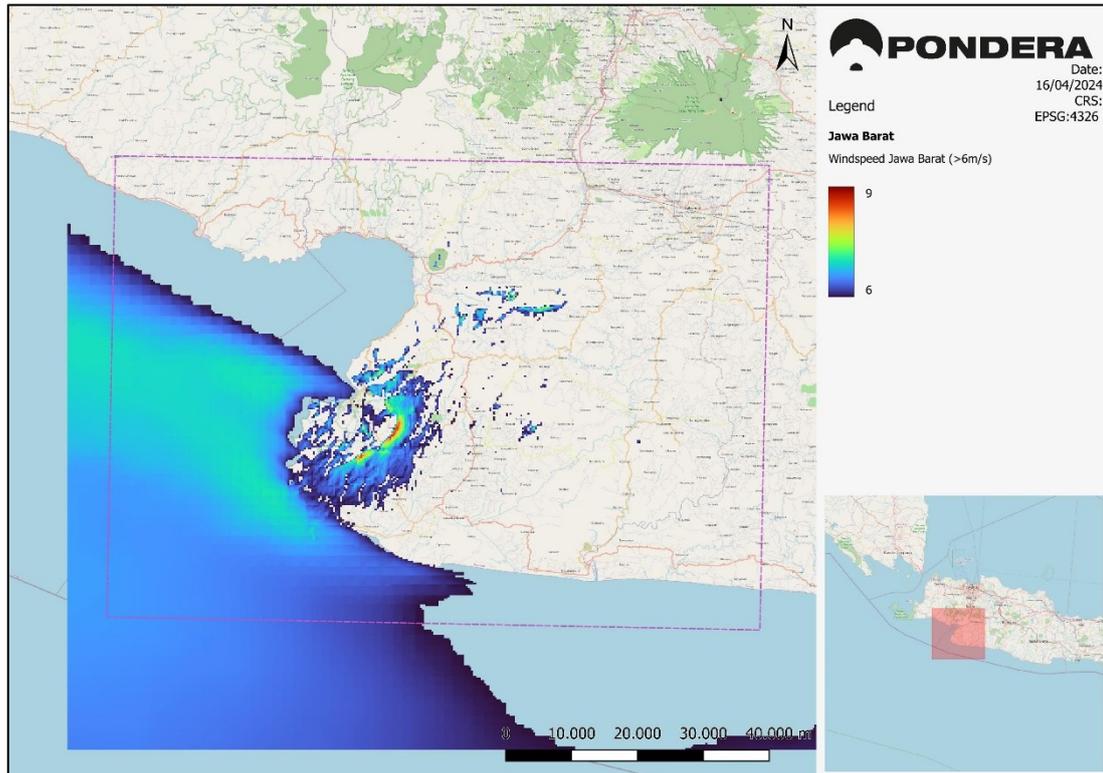
- Cagar alam dan kawasan lindung (dengan penyangga 300 m)
- Bandara (dengan penyangga 3.000 m)
- Jalur perairan dan badan air (dengan penyangga 300 m)

Terakhir, area di mana BREN mengembangkan PLTB Ciemas dikecualikan dalam analisis lebih lanjut.



2.2.2 Sumber data dan karakteristik angin

Gambar 5 menunjukkan lokasi pencarian awal (dibatasi oleh kotak putus-putus berwarna ungu), di wilayah pesisir barat daya Jawa Barat di Kabupaten Sukabumi. Dalam gambar tersebut, area dengan kecepatan angin rata-rata lebih dari 6 m/s ditunjukkan oleh "piksel" dengan warna berbeda seperti yang dijelaskan oleh bilah warna. Dapat disimpulkan bahwa sumber daya angin yang menjanjikan terletak di area yang lebih luas di dalam kabupaten.

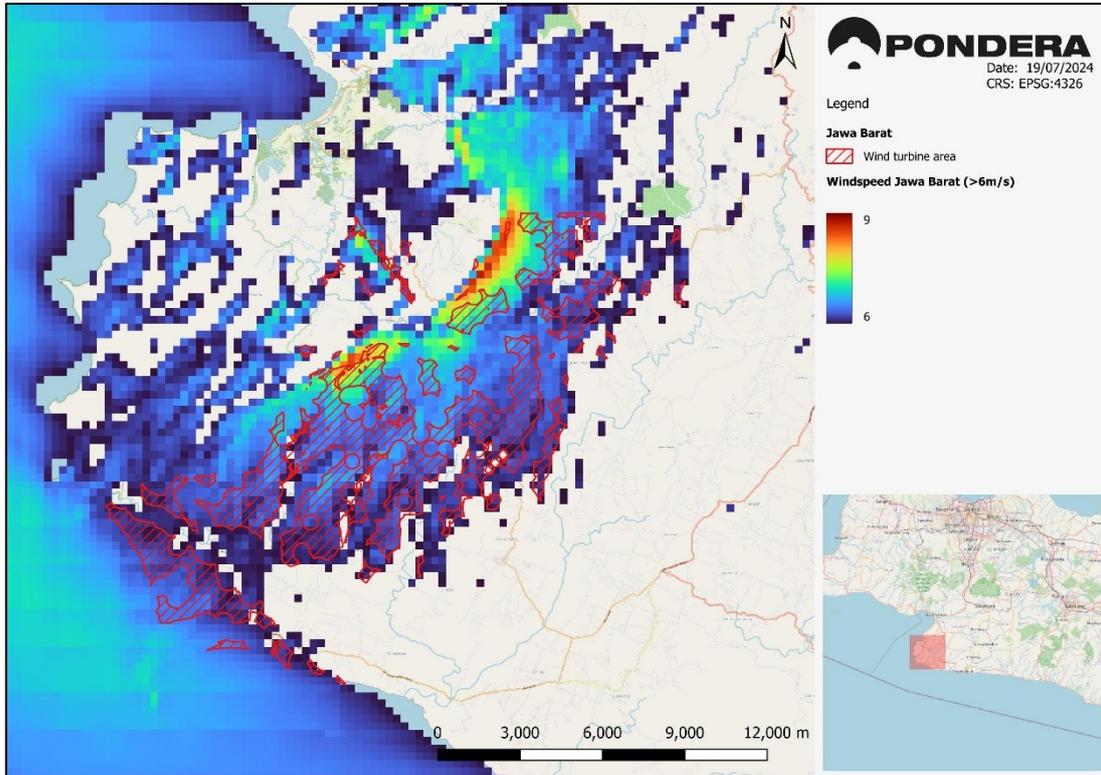


Gambar 5. Area pencarian di Kabupaten Sukabumi dengan sebaran kecepatan angin. Kotak pembatas putus-putus berwarna ungu menunjukkan seluruh area pencarian. Bilah warna menunjukkan kecepatan angin rata-rata di atas 6 m/s pada ketinggian 100 m menurut klimatologi *Global Wind Atlas* (GWA).

Mempertimbangkan sifat area yang tersebar dengan kecepatan angin yang menjanjikan, area pencarian selanjutnya terbatas pada satu area yang lebih kecil dan kontinu untuk menjaga kelayakan proyek. Alasan di balik hal ini adalah untuk menghindari biaya yang tinggi dan kompleksitas pembangunan koneksi listrik (misalnya jalur distribusi) antara beberapa sub-lokasi turbin angin yang terpisah oleh jarak yang jauh.



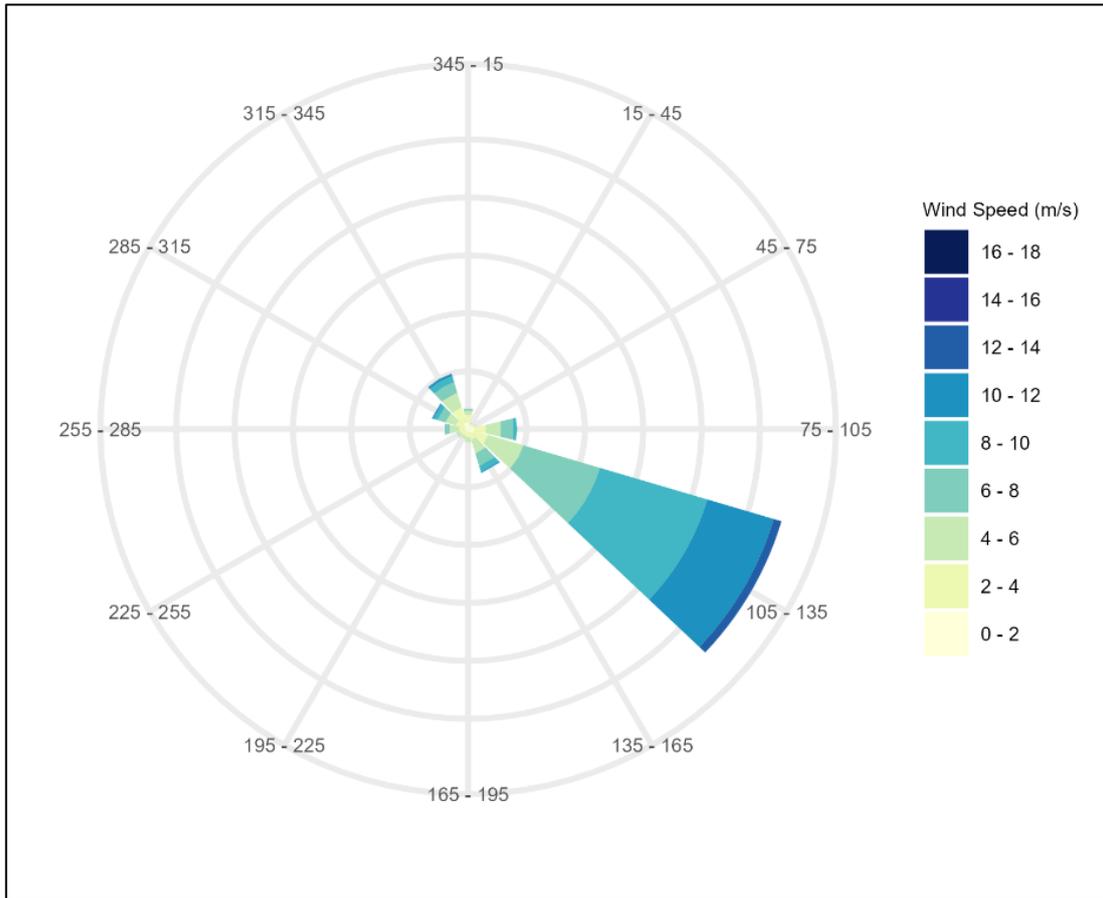
Gambar 6 menunjukkan peta yang diperbesar dari area kontinu ini yang telah dipelajari lebih lanjut pada langkah-langkah selanjutnya. Gambar tersebut juga dilengkapi dengan area WTG final untuk memberikan gambaran tentang tingkat kecepatan angin di lokasi tersebut.



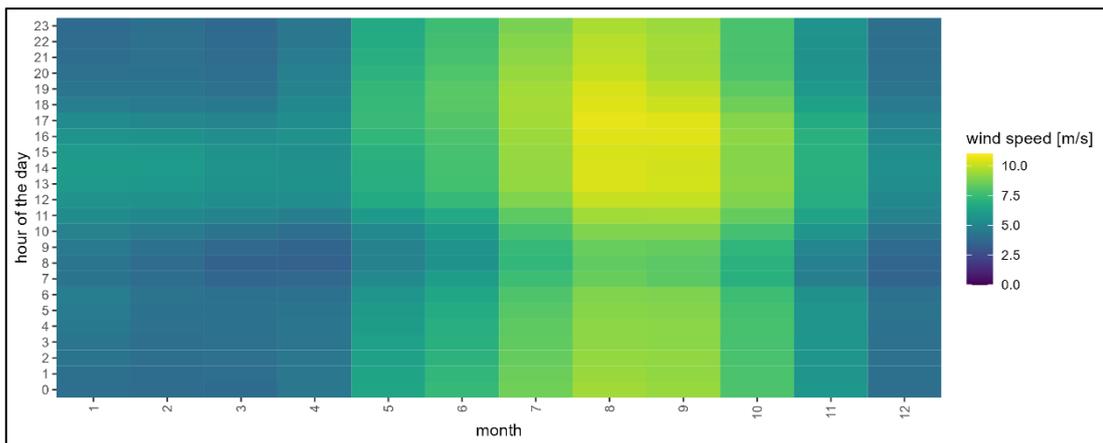
Gambar 6. Tampilan yang diperbesar pada area pencarian Kabupaten Sukabumi, dengan sebaran kecepatan angin. Poligon dengan arsir berwarna merah mewakili area WTG akhir yang memenuhi semua kriteria. Kecepatan angin rata-rata di atas ambang batas 6 m/s pada ketinggian 100 m ditampilkan berdasarkan GWA.

Selain itu, Gambar 7 memvisualisasikan sebaran arah angin rata-rata jangka panjang untuk wilayah Kabupaten Sukabumi. Seperti yang dapat diinterpretasikan dari gambar ini, iklim angin di daerah tersebut terutama terdiri dari angin dari arah tenggara. Pada Gambar 8, sebaran kecepatan angin sepanjang hari untuk setiap bulan per tahun divisualisasikan.

Kecepatan angin tertinggi diamati antara bulan Mei dan Oktober, ketika zona konveksi intertropis (ITCZ), diposisikan di utara lokasi. Oleh karena itu, periode ini juga dapat dibedakan dari bulan-bulan lainnya dengan arah angin tenggara yang berlaku. Kira-kira dari bulan November hingga April (meskipun waktunya dapat bervariasi dari tahun ke tahun), kecepatan angin terendah diamati ketika ITCZ melewati lokasi ke arah selatan. Selain kecepatan angin tahunan dan pola arah, yang sangat bergantung pada posisi ITCZ, variasi antar tahunan disebabkan oleh fenomena El Niño dan La Niña. Selama tahun El Niño yang kuat, angin pasat menjadi lebih lemah, sementara selama tahun La Niña, angin tersebut menjadi lebih kuat, sehingga menghasilkan kecepatan angin yang lebih tinggi di daerah tersebut.



Gambar 7. Diagram mawar angin dengan arah angin dan kategori kecepatan angin berdasarkan klimatologi 10 tahun, termasuk seri waktu data per jam tahun 2004-2015. Sumber: EMD-WRF.

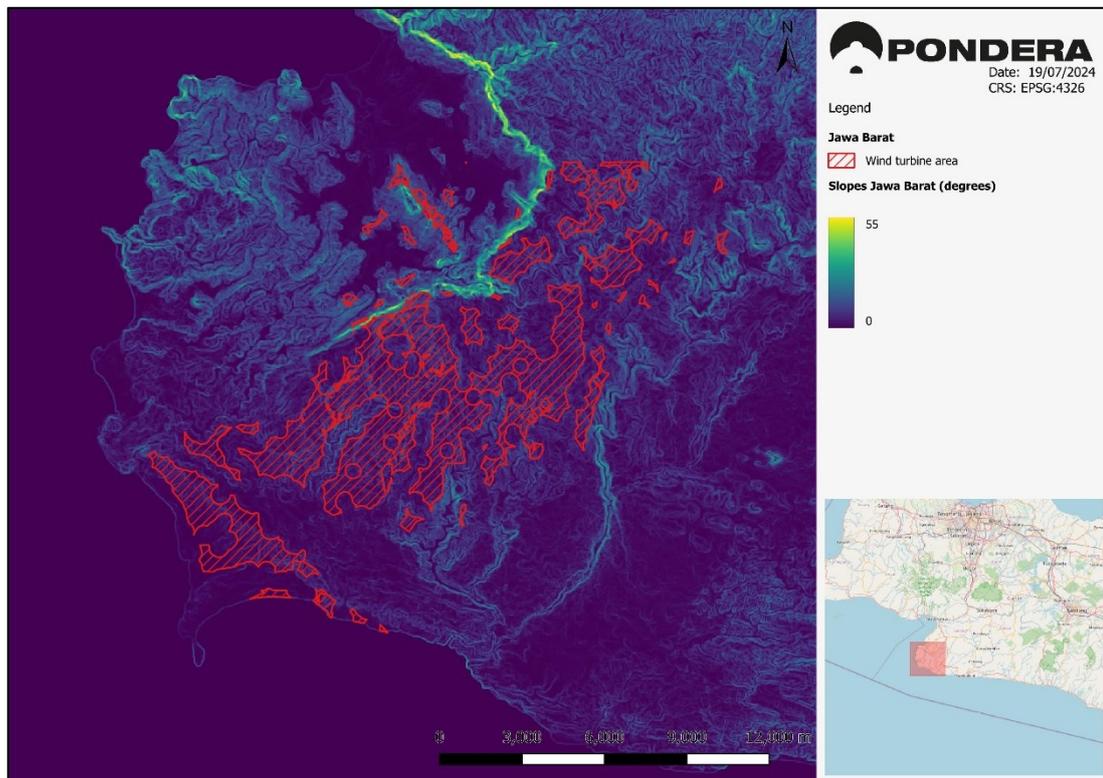


Gambar 8. Sebaran kecepatan angin sepanjang hari, divisualisasikan per bulan dalam setahun. Berdasarkan klimatologi 10 tahun, termasuk seri waktu data per jam tahun 2004-2015. Sumber: EMD-WRF.



2.2.3 Topografi

Gambar 9 menunjukkan topografi wilayah pencarian Ciracap di Kabupaten Sukabumi. Poligon dengan arsir berwarna merah mewakili area WTG final yang memenuhi semua kriteria. Kecuraman atau kemiringan dataran ditetapkan dalam derajat. Perhitungan kemiringan didasarkan pada *grid* elevasi FABDEM yang memiliki resolusi sekitar 30 m. Dalam studi ini, daerah dengan kemiringan lebih tinggi dari 15 derajat dikeluarkan dari analisis lebih lanjut untuk menghindari biaya transportasi dan konstruksi yang berlebihan yang biasanya timbul pada proyek PLTB di dataran curam. Namun demikian, perlu dicatat bahwa karena resolusi data tersebut, kriteria pengecualian ini tidak mempertimbangkan fluktuasi ketinggian skala kecil (yaitu kurang dari 30 m).

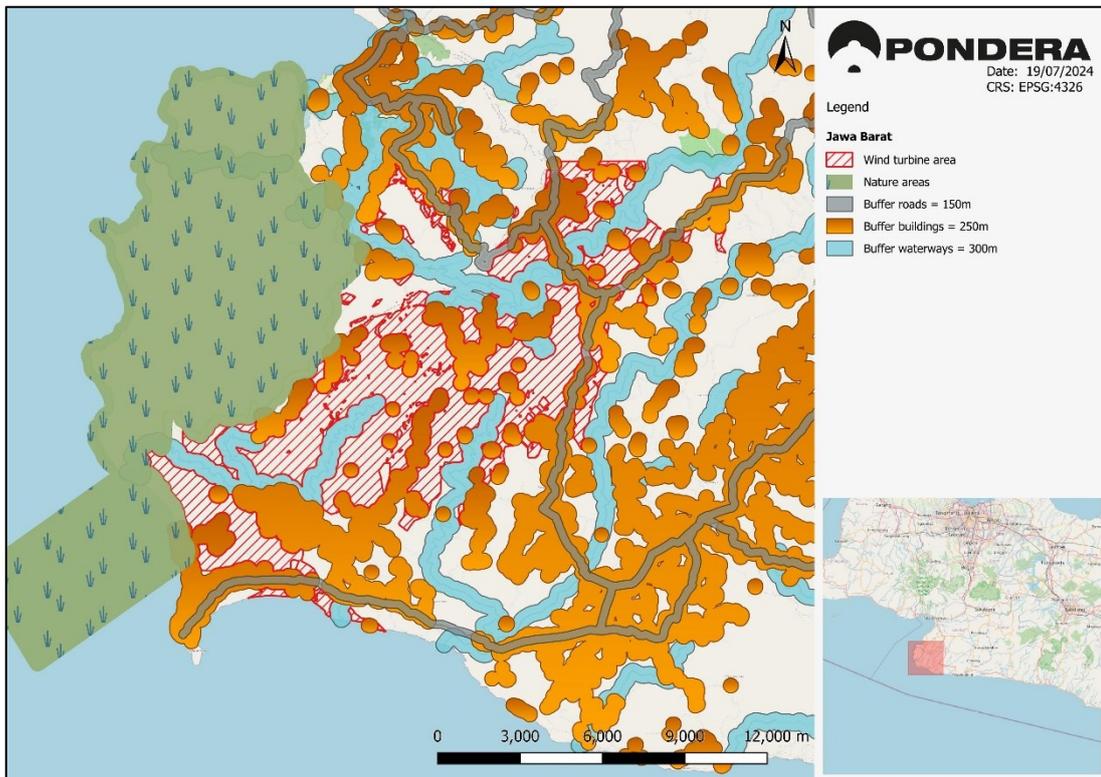


Gambar 9. Topografi area WTG Ciracap, menunjukkan kemiringan (dalam derajat; menurut perhitungan berdasarkan data FABDEM) di wilayah tersebut.



2.2.4 Penggunaan lahan

Seperti yang disebutkan dalam subbagian sebelumnya, PLTB tidak dapat direalisasikan di daerah yang terlalu dekat dengan bangunan, infrastruktur, cagar alam, dan badan air. Oleh karena itu, penyangga diterapkan pada objek-objek ini untuk menentukan area WTG yang sesuai. Menggabungkan kriteria pembatasan yang disebutkan di atas memberikan zona pengecualian penggunaan lahan (lihat Gambar 10). Zona pengecualian ini diambil dari pertimbangan pada tahap selanjutnya dari studi ini. Akibatnya, analisis ini menghasilkan area WTG final yang ditandai dengan poligon dengan arsir berwarna merah pada Gambar 10.

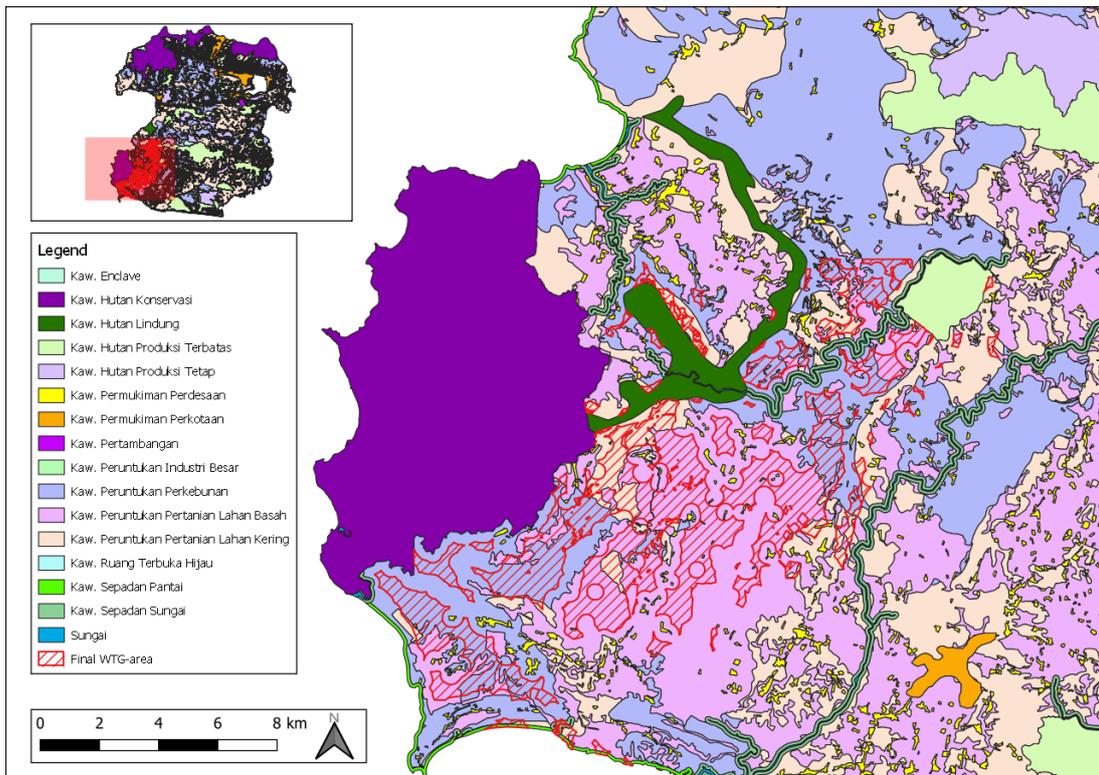


Gambar 10. Zona pengecualian di kabupaten Ciracap berdasarkan penggunaan lahan, topografi, dan pemukiman penduduk. Sumber: perhitungan berdasarkan elevasi FABDEM, ESRI, dan OSM.

2.2.5 Persyaratan perizinan khusus

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Sukabumi 2012-2032 dijadikan sebagai dasar analisis persyaratan perizinan khusus. Analisis dilakukan dengan menumpuk rencana tata ruang wilayah dengan area WTG final (yaitu area kontinu dengan kecepatan angin yang menjanjikan), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Tumpang tindih dengan jenis penggunaan lahan berikut diamati:

1. Kawasan Perkebunan
2. Kawasan Pertanian Lahan Basah
3. Kawasan Pertanian Lahan Kering
4. Kawasan Sempadan Pantai
5. Kawasan Sempadan Sungai
6. Kawasan Permukiman Pedesaan



Gambar 11. Peta rencana tata ruang Kabupaten Sukabumi (RTRW 2012-2032) ditumpuk dengan area WTG final.

Sebagian besar dari area WTG final berada di Kawasan Perkebunan. Kawasan ini biasanya dimiliki oleh perusahaan (swasta atau milik negara) atau masyarakat setempat. Kasus yang pertama ditandai dengan budidaya satu jenis tanaman. Sebaliknya, pada kasus terakhir, kawasan tersebut biasanya dibudidayakan dengan beberapa jenis tanaman. Jika kawasan tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan (KPPB), maka Kawasan Perkebunan dapat digunakan untuk pengembangan PLTB (dan jenis kegiatan pembangkit listrik dan transmisi lainnya untuk kepentingan umum) setelah perjanjian pembelian atau sewa diperoleh dengan pemilik lahan¹⁰.

Sebagian besar dari area WTG final juga terletak di Kawasan Pertanian Lahan Basah, sedangkan sebagian kecil dari area WTG final berada di Kawasan Pertanian Lahan Kering. Untuk kedua jenis penggunaan lahan, dapat diasumsikan bahwa kawasan yang bersangkutan adalah milik masyarakat. Oleh karena itu, pengembangan PLTB (serta jenis kegiatan pembangkit listrik dan transmisi lainnya untuk kepentingan umum) di lokasi tersebut dapat dilakukan jika kawasan tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan setelah perjanjian pembelian atau sewa dicapai dengan pemilik lahan¹⁰.

Area WTG final juga dalam skala yang jauh lebih kecil, bertumpang tindih dengan Kawasan Sempadan Pantai, Kawasan Sempadan Sungai, dan Kawasan Permukiman Pedesaan. Dua jenis pertama dimiliki oleh Negara dan dapat digunakan untuk kegiatan kepentingan umum (seperti pembangkit listrik).

¹⁰ Merujuk pada UU 22/2019, Peraturan Presiden 59/2019, dan Peraturan Pemerintah 1/2011.

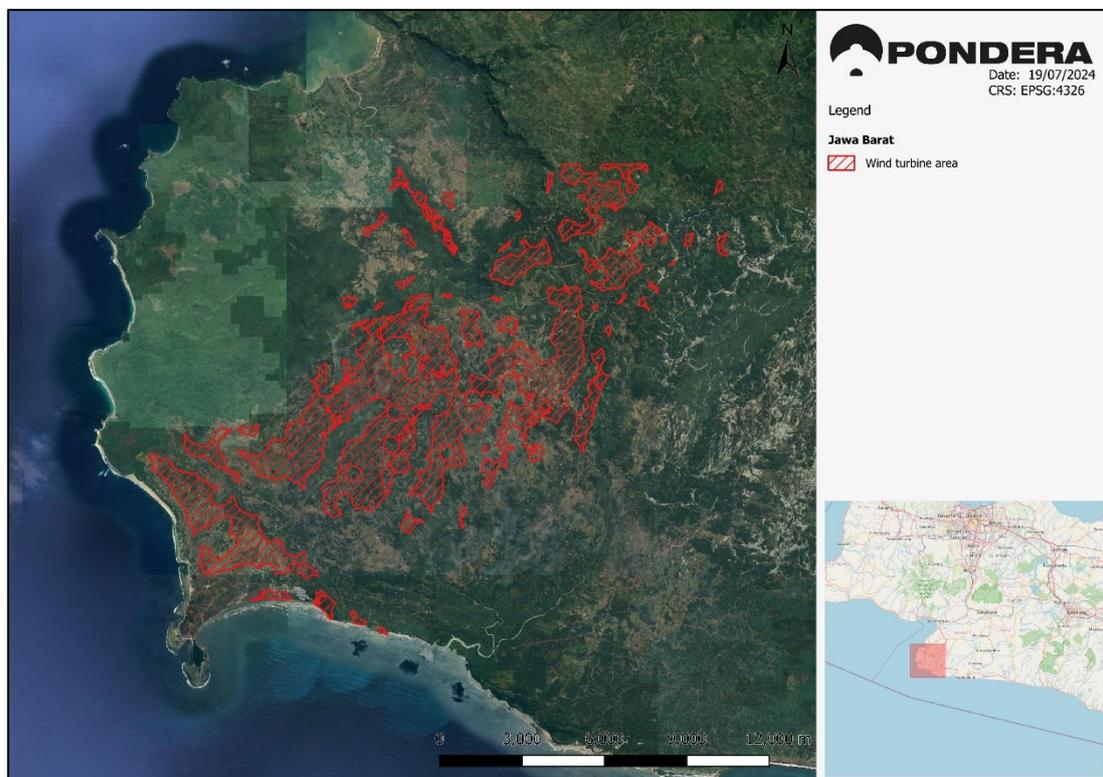


Sementara itu, jenis yang terakhir hanya dapat digunakan untuk pengembangan PLTB jika diperoleh perjanjian pembelian atau sewa dengan pemilik lahan.

Ada dua hal tambahan yang perlu diperhatikan di situs ini. Pertama, perlu disebutkan bahwa ladang angin tidak mengganggu Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Bandara Cikembar, berdasarkan analisis Angkasa Pura pada tahun 2019¹¹. Kedua, RTRW yang dimaksud dalam analisis ini mungkin tidak berlaku lagi karena RTRW baru untuk Kabupaten Sukabumi telah disiapkan melalui Peraturan Daerah No. 10/2023. Namun, RTRW terbaru ini belum diterbitkan secara resmi oleh otoritas daerah.

2.2.6 Area WTG final

Gambaran umum area WTG final terhadap citra satelit di lokasi dapat ditemukan pada Gambar 12. Area ini memenuhi semua kriteria seperti yang divisualisasikan pada gambar sebelumnya.



Gambar 12. Area WTG final berdasarkan kriteria pembatasan. Sumber: Google Satellite Images.

Keterbatasan

Seperti disebutkan sebelumnya, parameter yang telah membentuk area WTG final telah didasarkan pada informasi geografis sumber terbuka. Kunjungan lapangan ke beberapa bagian area dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang karakteristik area tersebut (seperti yang dijelaskan lebih lanjut dalam Bagian 2.4 hingga Bagian 2.6), dari mana kesimpulan umum kemudian

¹¹ Komponen 2: Asesmen Perizinan dan Peraturan Energi Angin Darat



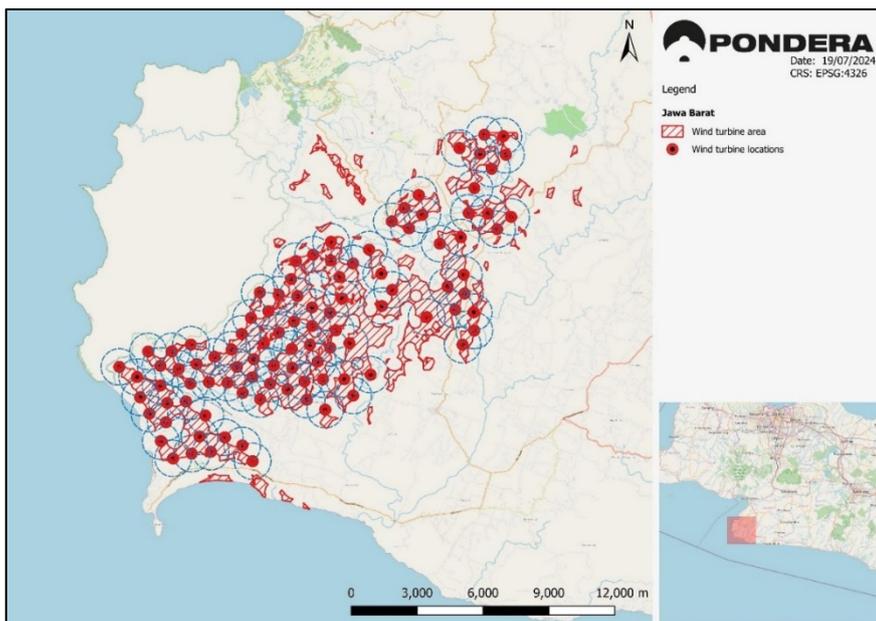
ditarik untuk menganalisis lebih lanjut area WTG final. Kunjungan lapangan telah menunjukkan bahwa secara umum:

1. Data kawasan pemukiman yang diperoleh dari basis data ESRI memberikan perkiraan yang lebih rendah (*underestimate*) terhadap bangunan di wilayah tersebut, dan oleh karena itu, dalam beberapa kasus, mungkin diperlukan zona pengecualian tambahan pada tahap proyek selanjutnya;
2. Dalam beberapa kasus, saluran air terlalu membatasi (mengingat besarnya aliran sungai), sehingga saluran tersebut dikeluarkan dari analisis (yaitu saluran air tersebut tidak dianggap sebagai batasan); dan
3. Data jalan utama yang berasal dari OSM juga mencakup jalan kecil; akibatnya, kumpulan data ini mungkin terlalu membatasi dalam beberapa kasus.

2.3 Tata letak awal PLTB

Tata letak PLTB didasarkan pada area WTG yang disediakan di Bagian 2.2. Tata letak awal PLTB dirancang berdasarkan penggabungan sebanyak mungkin posisi turbin angin. Hal ini mencegah, misalnya, pembangunan jalan dan kabel ke satu lokasi turbin angin, yang tidak efektif dari segi biaya.

Karena iklim angin Indonesia umumnya terdiri dari daerah dengan kecepatan angin yang rendah hingga sedang, maka jenis turbin angin yang sesuai dengan kondisi angin tersebut harus dipilih. Untuk tata letak PLTB sementara, digunakan turbin angin referensi 4 MW dengan diameter rotor hampir 170 m dan tinggi naf 140 m. Hal ini membuat tinggi puncak total sekitar 220-225 m. Untuk mengurangi rugi-rugi akibat olakan dan kemungkinan pengaruh turbulensi negatif, jarak standar lima kali diameter rotor digunakan dalam tata letak awal PLTB. Selama penentuan posisi turbin, pemeriksaan visual tambahan dilakukan berdasarkan citra satelit, dengan mempertimbangkan: 1) saluran listrik, 2) bangunan, 3) ukuran area, dengan minimal tiga turbin di dekatnya, 4) aksesibilitas area relatif terhadap bagian lain dari area WTG, 5) minimalisasi kriteria pembatasan, 6) pemilihan area kecepatan angin tertinggi dan 7) pemenuhan tujuan kapasitas terpasang sebagaimana diatur dalam RUPTL PLN 2021-2030.



Gambar 13. Tata letak awal PLTB di area WTG final.



Gambar 13 menampilkan gambaran umum lokasi turbin angin di area WTG final. Sebanyak 100 turbin angin diposisikan ke daerah tersebut, dengan total kapasitas terpasang yang dibayangkan sebesar 400 MW. Penanda merah (titik merah dengan pusat hitam) menunjukkan lokasi yang tepat dari masing-masing turbin angin, sedangkan garis radial biru menjamin jarak setidaknya 5 kali diameter rotor.

Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 13, tampaknya ada lokasi yang tersedia di mana turbin angin dapat direalisasikan. Namun, kunjungan lapangan telah menentukan bahwa *database* ESRI yang digunakan untuk menentukan lokasi pemukiman, tidak sepenuhnya meyakinkan. Artinya di lokasi di dalam area turbin angin tersebut, beberapa turbin angin tidak dapat direalisasikan karena lokasi pemukiman setempat.

2.4 Aksesibilitas PLTB

Pada bagian ini, aksesibilitas PLTB dijelaskan melalui tiga subbagian: (1) pengaturan transportasi Indonesia, (2) transportasi pelabuhan ke lokasi, dan (3) transportasi di dalam lokasi.

2.4.1 Pengaturan transportasi Indonesia

Di luar kota besar, sistem jalan regional digunakan untuk hampir semua transportasi (lihat Gambar 14). Jalan-jalan ini mengarah melalui pusat kota, kota kecil, dan desa yang mereka layani. Jalan lingkar di sekitar kota disediakan untuk beberapa kota besar seperti Jakarta, Bandung, Medan, Yogyakarta, dan Surabaya. Dalam banyak kasus, hanya satu jalan regional utama yang tersedia untuk pergi dari satu kota ke kota lain. Hal ini mengakibatkan situasi di mana semua lalu lintas menggunakan jalan yang sama, yaitu pejalan kaki (termasuk kelompok anak sekolah, petani, dll.), sepeda motor, mobil, ambulans, angkutan umum, truk lokal yang lebih kecil, dan truk besar untuk transportasi jarak jauh. Sementara beberapa ruas jalan raya tersedia di Pulau Sumatra dan masih banyak lagi yang sedang direncanakan atau sedang dibangun, sejauh ini hanya Pulau Jawa yang memiliki jalan raya yang menghubungkan bagian barat dan timur pulau tersebut. Jalan raya ini terletak di sisi utara Pulau Jawa yang lebih padat penduduknya dan memiliki lahan yang lebih datar.



Gambar 14. Tata letak jalan khas di pedesaan Indonesia. Jalan berliku selebar ~ 6 hingga 7 m melayani lalu lintas lokal, regional, dan nasional. Kabel listrik udara dan telekomunikasi dengan tiang di kedua sisi jalan. Bangunan-bangunan berada dalam jarak yang dekat. Di dalam kota dan kota yang lebih besar, jalan pada umumnya sedikit lebih lebar, namun dengan lebih banyak kabel udara, tiang, dan papan reklame.



Biasanya, utilitas umum seperti jalur distribusi listrik dan jalur telekomunikasi mengikuti jalur yang sama dengan jalan lokal. Kabel udara yang berada tepat di sebelah jalan adalah cara praktik standar di seluruh Indonesia. Saluran listrik dan kabel telekomunikasi utama terletak di satu sisi jalan walau melayani kedua sisi. Artinya, untuk semua rumah atau kelompok rumah di seberang jalan, semua kabel harus melintasi jalan, umumnya pada ketinggian sekitar 5 meter di atas permukaan jalan. Di kota-kota besar dan kecil, penyeberangan kabel udara ini biasanya ada di setiap 20 hingga 50 meter.

Sistem drainase perkotaan biasanya terkubur di bawah tanah di kedua sisi jalan dan tidak cocok untuk pengangkutan transportasi berat. Dalam banyak kasus, bangunan-bangunan berada dalam jarak dua hingga lima meter dari jalan, sering kali setinggi 1 hingga 3 lantai.

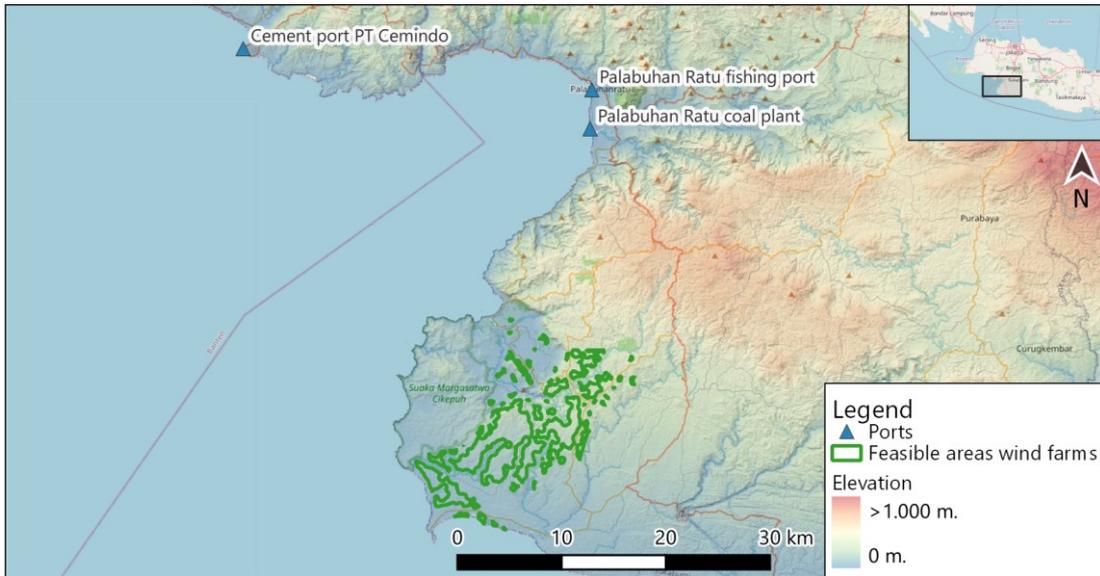
Hal ini berarti bahwa ruang di dalam dan sekitar jalan raya di Indonesia sangat terbatas. Selain tantangan spasial, terdapat juga tantangan signifikan yang timbul dari durasi transportasi. Pengangkutan komponen turbin angin adalah proses yang panjang. Satu turbin diangkut dalam komponen individu (misalnya segmen menara, sudu turbin angin) dengan sekitar sepuluh truk, tidak termasuk bahan bangunan untuk fondasi. Penutupan jalan dalam jangka panjang mungkin memiliki dampak yang signifikan pada fungsi kota karena rute alternatif sering kali tidak tersedia.

Mengangkut sudu turbin angin dengan panjang 80+ meter mungkin merupakan salah satu aspek paling penting dari pengembangan PLTB di Indonesia dan harus dipersiapkan secara menyeluruh.

2.4.2 Transportasi dari pelabuhan ke lokasi

Di area terdekat PLTB Ciracap, tidak tersedia pelabuhan komersial besar yang dilengkapi dengan dermaga bongkar muat. Pelabuhan komersial utama terdekat terletak di Jakarta atau Cilegon. Transportasi darat dari pelabuhan ini ke lokasi tidak realistis. Kemungkinan besar, masing-masing bagian turbin angin harus dipindahkan dari kapal besar ke tongkang yang dapat berlabuh di pelabuhan lokal yang lebih kecil. Pemindahan ini dapat dilakukan di laut lepas atau di pelabuhan komersial besar yang disebutkan di atas.

Salah satu pelabuhan yang berpotensi cukup besar adalah pelabuhan non-komersial PT Cemindo Gemilang Bayah (lihat Gambar 15). Melalui jalan darat, pelabuhan ini terletak 116 km dari lokasi proyek. Pelabuhan pabrik semen mungkin juga terlalu jauh untuk transportasi darat tetapi mungkin menjadi pilihan di mana transfer dari kapal yang lebih besar ke tongkang dapat dilakukan. Di dekat lokasi tersebut terdapat dua pelabuhan yang lebih kecil; pelabuhan perikanan Pelabuhan Ratu (lihat Gambar 16) dan pelabuhan PLTU Pelabuhan Ratu (keduanya 60 km di atas jalan menuju lokasi proyek). Pelabuhan perikanan dianggap sebagai pelabuhan yang paling logis dan karenanya menguntungkan untuk memulai transportasi darat, karena tidak diperlukan persetujuan dari PLTU.



Gambar 15. Lokasi pelabuhan terdekat. Transfer dari kapal yang lebih besar dapat dilakukan di laut lepas atau di pelabuhan pabrik semen. Transfer dari tongkang ke darat dapat dilakukan di pelabuhan perikanan atau PLTU.



Gambar 16. Pelabuhan dari Pelabuhan Ratu

Pelabuhan ini terdiri dari dua bagian, bagian dalam dan luar. Bagian luar (lihat Gambar 17 dan Gambar 18) lebih dalam dan tidak terlalu ramai dengan perahu nelayan kecil, dengan luas pelabuhan sekitar ~160*60 meter. Selama kunjungan lapangan, kedalaman air di bagian luar pelabuhan diperkirakan sekitar 2 m.

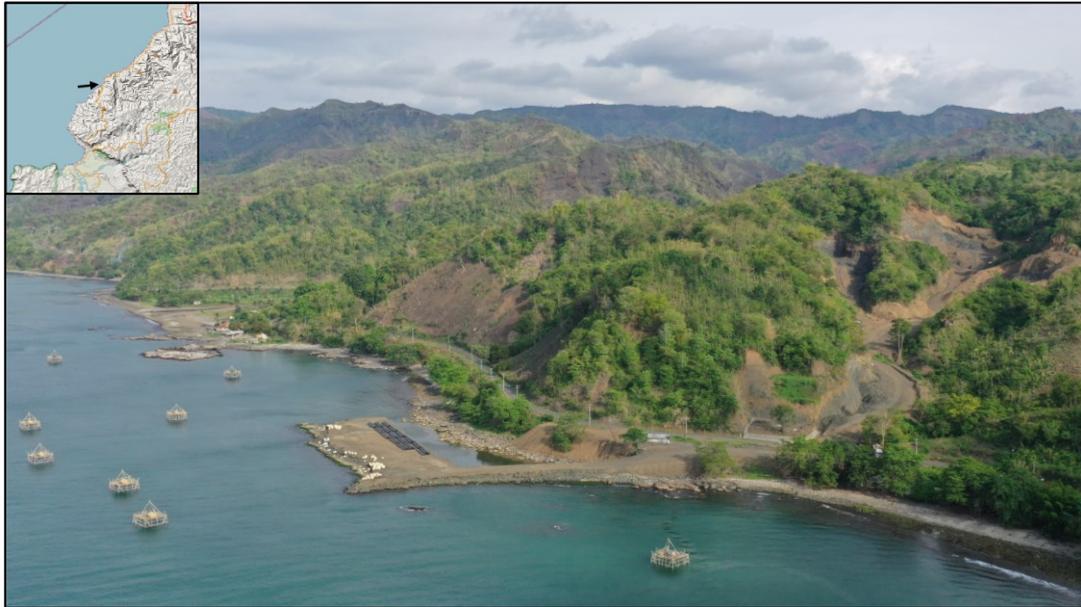


Gambar 17. Bagian luar pelabuhan perikanan Pelabuhan Ratu.



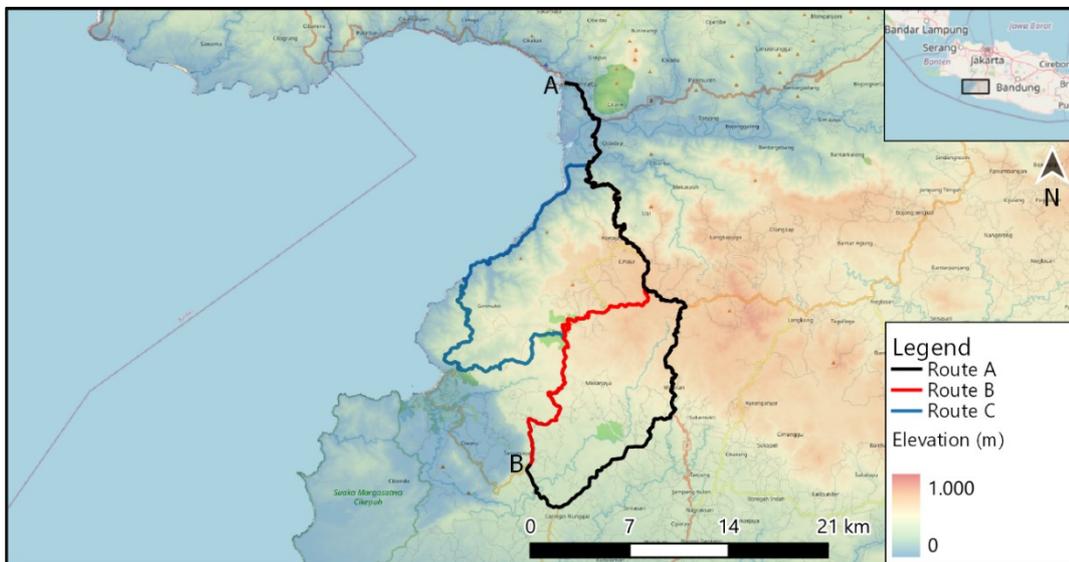
Gambar 18. Pintu masuk ke bagian luar pelabuhan perikanan Pelabuhan Ratu.

Selama kunjungan lapangan, ditemukan dermaga sementara dari tanah yang dibangun oleh PT Mitra Kartika Karya (lihat Gambar 19). Menurut artikel berita daring, pembangunan dermaga lebih lanjut dihentikan oleh pemerintah karena kurangnya izin. Namun, hal ini menunjukkan bahwa pembangunan dermaga (sementara) tersebut memungkinkan.



Gambar 19. Dermaga sementara antara Pelabuhan Ratu dan lokasi proyek.

Jalan utama dari Pelabuhan Ratu ke selatan melintasi bagian bukit yang tinggi (rute A, lihat Gambar 20). Jalan ini - termasuk banyak tikungan - mengarah ke ketinggian sekitar 800 m +MSL dan setelah itu turun beberapa ratus meter ke lokasi proyek. Terdapat jalan yang lebih kecil (rute C) di sebelah pantai yang mengelilingi bukit-bukit yang tinggi, tetapi mencakup beberapa bagian dengan sudut tajam dan beberapa lereng yang sangat curam.

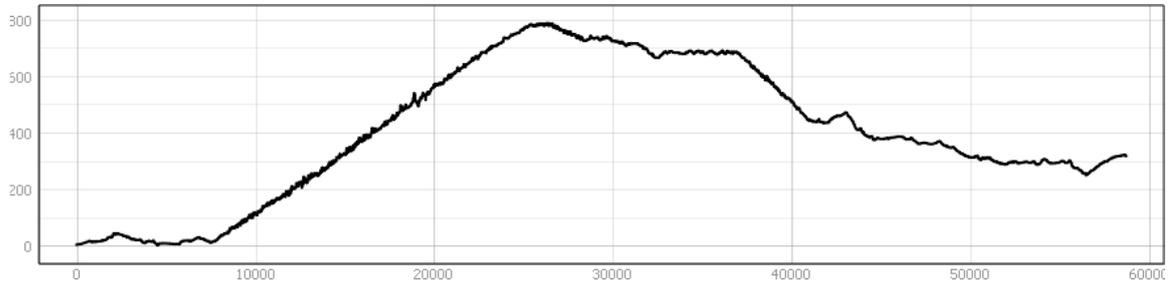


Gambar 20. Rute dari Pelabuhan Ratu (A) ke pusat lokasi (B).

Selama kunjungan lapangan, ditentukan bahwa rute A adalah rute pilihan. Lebar jalan, kemiringan, dan ketajaman belokan semuanya lebih menguntungkan daripada rute B dan C. Di rute B (termasuk bagian selatan yang juga digunakan rute C) beberapa bagian harus ditingkatkan agar sesuai untuk transportasi berat.



Pada gambar berikut, profil jalan disajikan untuk rute A, B, dan C.

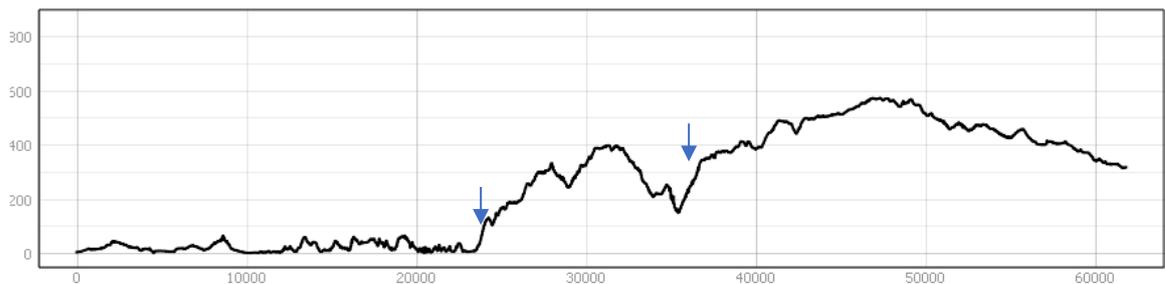


Gambar 21. Profil jalan Rute A.



Gambar 22. Profil jalan Rute B.

Rute A dan B mengarah ke perbukitan. Selama pendakian yang panjang, kemiringan yang stabil mencapai sekitar 4,2% (kenaikan 785 m melalui jalan sepanjang 18.501 m), yang seharusnya tidak menjadi faktor pembatas untuk transportasi berat. Rute B berbeda dari rute A di bagian kedua, di mana jalan yang lebih kecil dan sempit menuju lokasi diambil. Rute B kurang menguntungkan dibandingkan rute A dan hanya merupakan pilihan ketika bagian kedua dari rute A tidak memungkinkan.



Gambar 23. Profil jalan Rute C.

Rute C mengelilingi perbukitan tetapi sangat curam di beberapa bagian. Elevasi rata-rata pada panah dalam Gambar 23 masing-masing adalah 12,7% (kenaikan 94 lebih dari 736 m) dan 14,4% (kenaikan 195 lebih dari 1.348 m). Truk derek harus digunakan dalam hal ini. Faktor yang lebih menyulitkan adalah adanya beberapa tikungan tajam, dan jalan tersebut lebih sempit (lebar sekitar 5 m) dibandingkan jalan A (lebar 6 hingga 7 m). Rute ini ditampilkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Contoh jalan di rute C. Pada bagian curam seperti ini, bahu jalan juga diaspal.

Jembatan

Selama kunjungan lapangan, beberapa jembatan terlihat di jalan utama (jalur A) dari Pelabuhan Ratu ke lokasi (lihat Gambar 25 dan Gambar 26). Pada pemeriksaan pertama tidak terlihat tanda bahaya untuk angkutan berat. Menurut informasi di jembatan, semuanya dibangun pada tahun 2017.

Empat jembatan besar harus dilintasi dari pelabuhan ke lokasi dan di dalam lokasi proyek (di Pelabuhan Ratu dekat pelabuhan), dua jembatan melintasi sungai besar di selatan Pelabuhan Ratu dan 'Jembatan Cileteuh.' Dari jembatan yang lebih besar, terdapat dua jembatan yang merupakan jembatan baja dengan 'desain sangkar', dan lainnya merupakan jembatan beton. Selain jembatan yang lebih besar tersebut, 9 jembatan yang lebih kecil harus dilintasi dari Pelabuhan Ratu menuju lokasi proyek dan di dalam lokasi proyek.



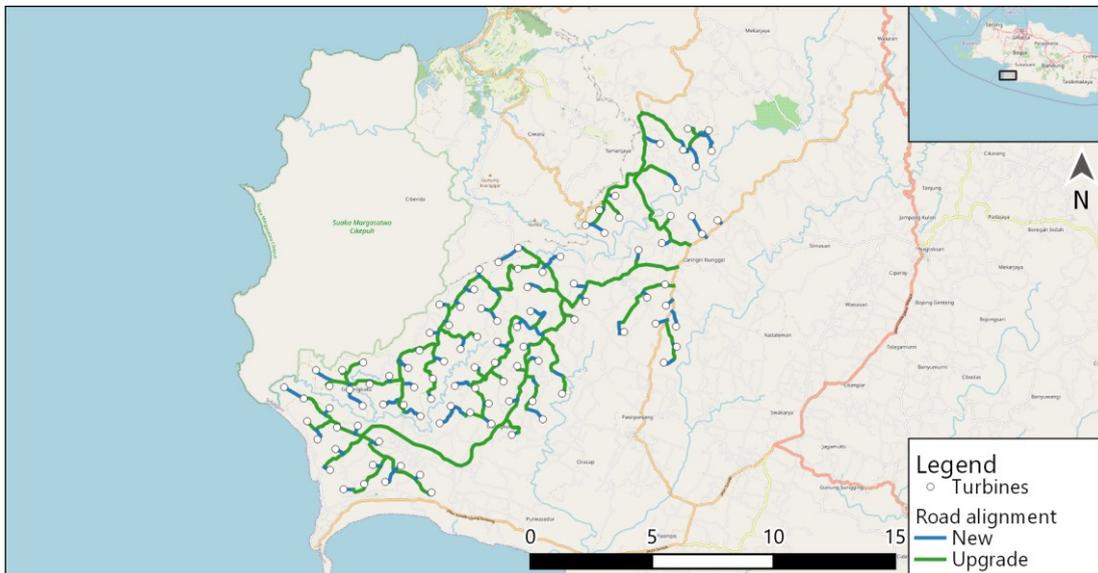
Gambar 25. Jembatan di jalan utama.



Gambar 26. Kesan jembatan di dalam lokasi proyek yang harus ditingkatkan.

2.4.3 Transportasi di dalam lokasi

Meskipun wilayah ini utamanya dikembangkan untuk pertanian dan agroforestri, banyak jalan (tidak beraspal) dapat ditemukan di wilayah tersebut. Jalan tersebut dapat digunakan untuk transportasi. Namun, peningkatan dan perbaikan jalan (sekunder) diperlukan karena banyak jalan kecil di daerah pedesaan yang sempit dan dalam kondisi buruk. Secara umum, jalan utama dalam kondisi yang lebih baik. Jalan utama membentang tegak lurus ke area dengan intensitas angin tertinggi. Oleh karena itu, jalan umum dapat digunakan sebagai 'tulang punggung' untuk struktur jalan internal yang mengurangi biaya konstruksi secara signifikan. Tata letak jalan yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Tata letak jalan yang diusulkan terdiri dari ~67 km jalan baru dan ~121 km jalan yang sudah ada yang ditingkatkan.



Kondisi jalan yang ada berkisar dari yang buruk hingga yang terawat dengan baik (lihat Gambar 28 dan Gambar 29). Selain dari jalan utama di daerah tersebut, hampir semua jalan sekunder harus ditingkatkan agar sesuai untuk transportasi turbin. Jalan yang tidak dirawat dengan baik terdiri dari aspal tua yang rusak, kerikil, dan permukaan jalan yang tidak rata. Namun, hal ini memberikan landasan yang kokoh untuk jalan baru tersebut.



Gambar 28. Contoh jalan yang tidak terawat dengan baik.



Gambar 29. Contoh jalan yang terawat dengan baik.

Untuk studi kelayakan, kami sarankan untuk mempertimbangkan poin-poin berikut mengenai transportasi turbin angin:

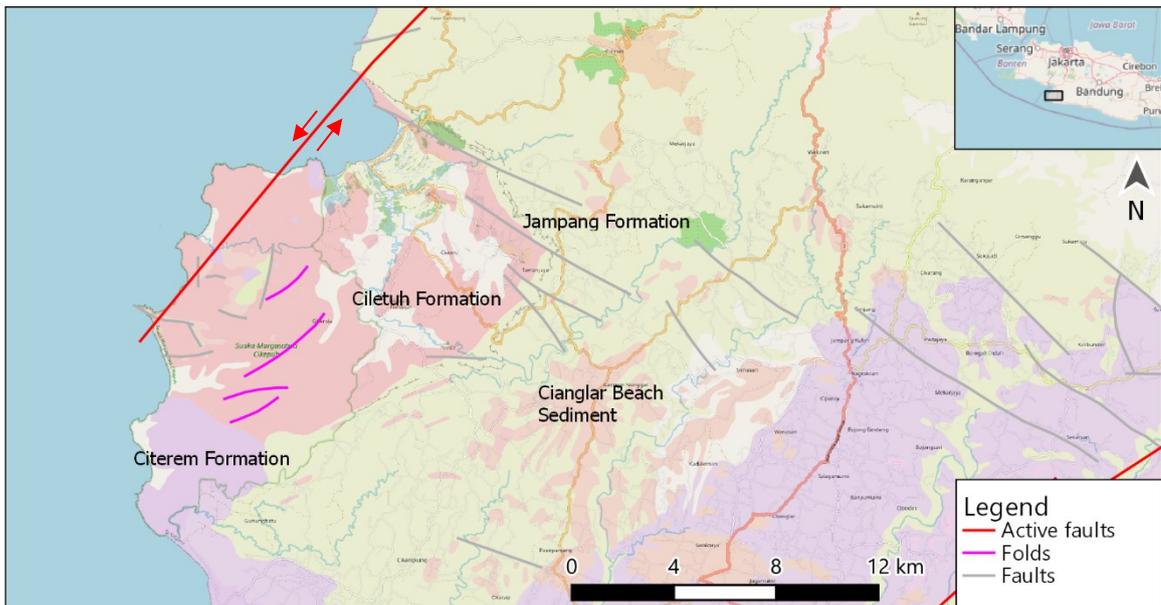
- Selama kunjungan lapangan, dermaga tanah ditemukan di pantai barat yang membuktikan bahwa hal ini mungkin merupakan rute transportasi yang layak. Penggunaan dermaga seperti itu di dekat lokasi dapat memperpendek jarak transportasi darat secara drastis. Namun, biaya pembangunan dermaga yang dekat dengan lokasi ini dan penghematan biaya karena tidak menggunakan pelabuhan ikan lokal, harus dievaluasi selama studi kelayakan.



2.5 Kondisi geologi dan kegunaan

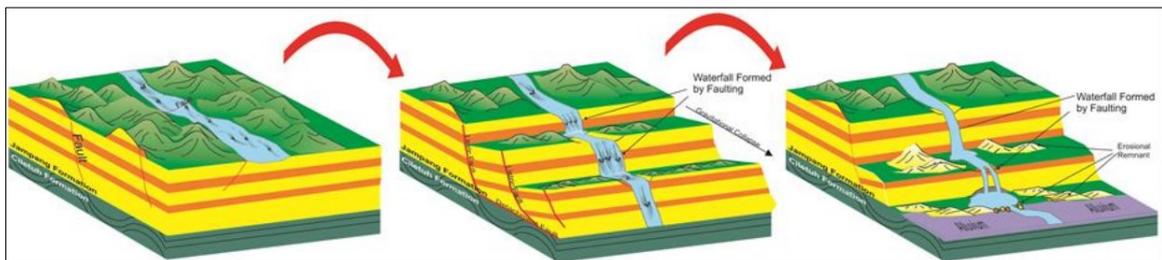
2.5.1 Geologi

Geologi umum di daerah tersebut didominasi oleh batuan yang lebih keras dari Formasi Jampang di atas batuan yang lebih lunak dari Formasi Ciletuh. Formasi Jampang dicirikan dengan lapisan tipis tuf asam yang mengandung banyak serpihan tanah liat dan batu kapur serta breksi dengan komponen utamanya terdiri dari andesit (Martodjojo, 1984). Formasi Ciletuh yang mendasarinya terdiri dari endapan turbidit di dasar dengan batu pasir dan konglomerat di atasnya.



Gambar 30. Peta geologi (Sumber: KESDM).

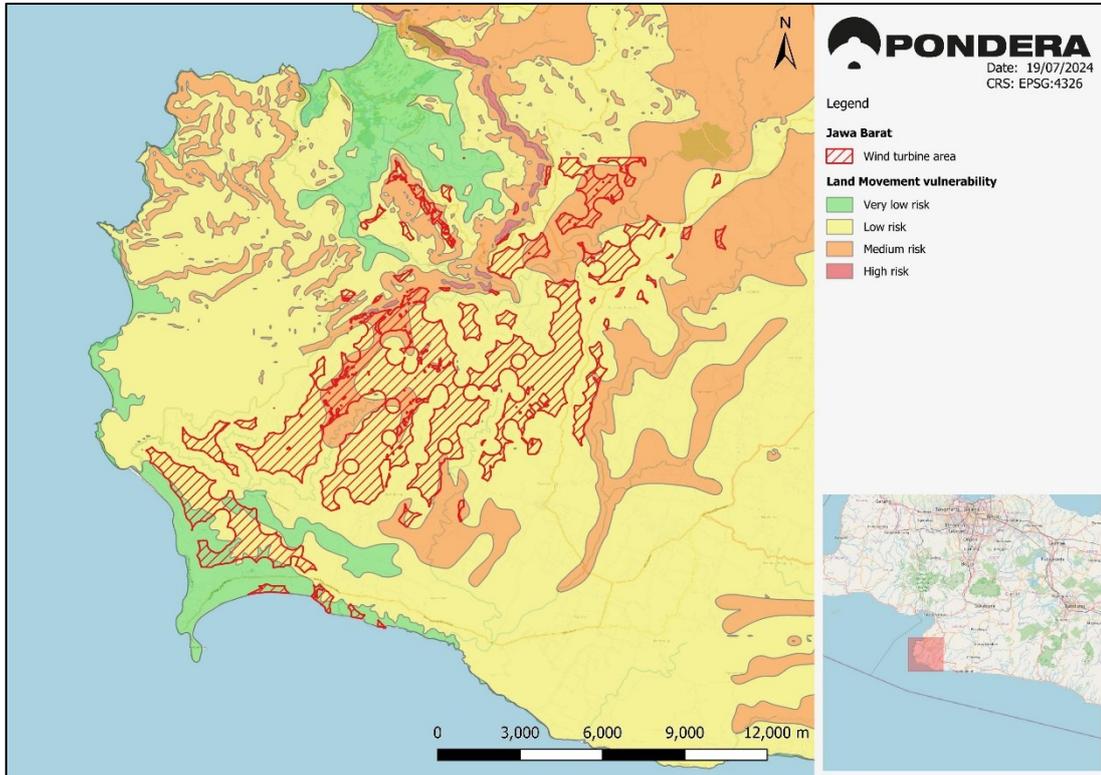
Kombinasi stratigrafi ini dan tekanan sebelumnya di kerak atas telah menyebabkan keruntuhan gravitasi yang membentuk amfiteater alami (lihat Gambar 31). Menurut makalah ilmiah, keruntuhan gravitasi yang disebutkan di atas kemungkinan terjadi selama periode Pleistosen (2,5 juta hingga 11.500 tahun SM). Fitur geologis khusus ini berarti bahwa area tersebut diakui oleh UNESCO sebagai Geopark, dan amfiteater dicap sebagai tujuan wisata. Tepinya sebagian besar terdiri dari batuan keras yang kokoh dan risiko tanah longsor terbatas. Dari perspektif geologis, tidak ada kendala fisik untuk membangun turbin angin yang dekat dengan tepi tersebut.



Gambar 31. Detail keruntuhan gravitasi, Formasi Jampang (kuning dan oranye) meluncur di atas Formasi Ciletuh (dasar abu-abu) (Ardiansyah, 2019).



Indeks Kerentanan Pergerakan Tanah memberikan gambaran tentang kerentanan pergerakan tanah berdasarkan kecuraman lereng, jenis tanah, curah hujan, kegempaan, dll. Gambar 32 memvisualisasikan Indeks Kerentanan Pergerakan Lahan tanah di dalam dan sekitar kawasan WTG, yang berasal dari Portal Mitigasi Bencana Geologi Kementerian ESDM.



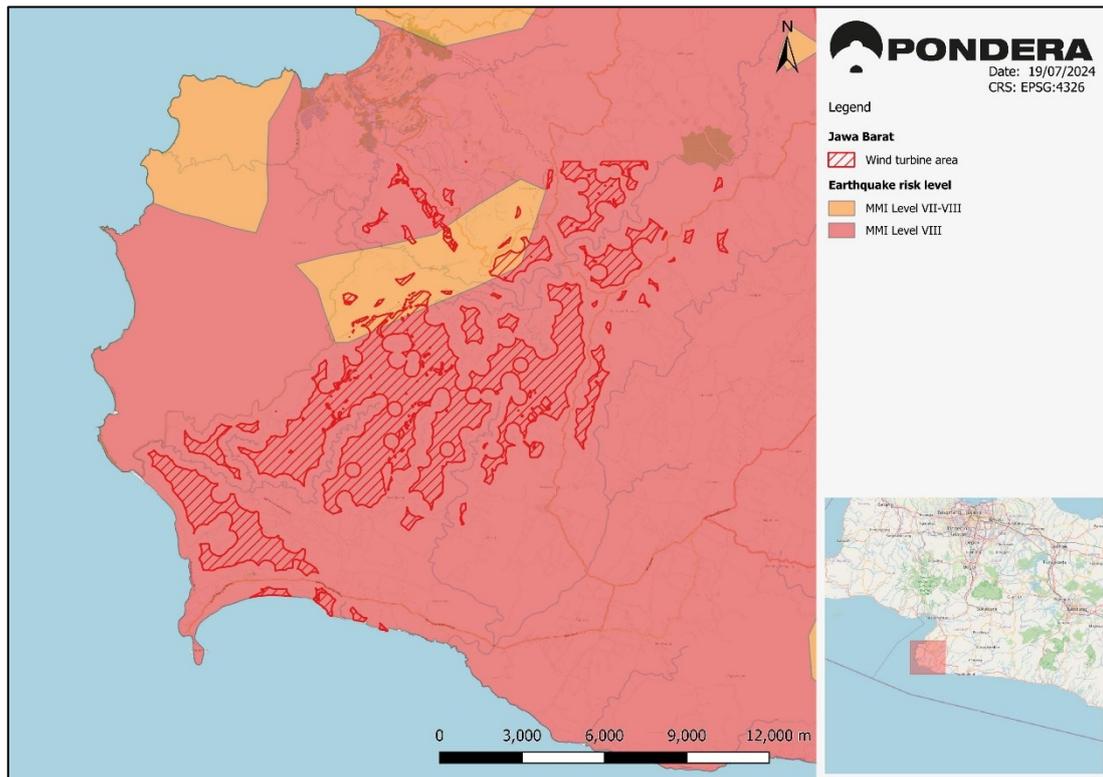
Gambar 32. Indeks Kerentanan Pergerakan Tanah untuk Kawasan WTG Ciracap (Sumber: Portal Mitigasi Bencana Geologi Kementerian ESDM)

Menurut Indeks Kerentanan Gerakan Tanah, daerah dengan lereng curam lebih rentan terhadap gerakan tanah / tanah longsor. Pada tahap kelayakan, stabilitas lereng perlu diselidiki lebih lanjut dengan penyelidikan geoteknik tanah, yang menentukan beberapa karakteristik tanah (misalnya kuat geser, kepadatan, permeabilitas dll.), dan analisis stabilitas tanah tersebut dalam kombinasi dengan studi LiDAR untuk pemetaan topografi yang lebih akurat.



2.5.2 Kegempaan

Seperti di sebagian besar Indonesia, gempa bumi dapat diperkirakan. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), sebagian besar wilayah tersebut berpotensi dilanda gempa bumi kuat dengan intensitas lebih besar dari VIII pada skala Modified Mercalli Intensity (MMI). Gambar 33 memberikan representasi visual dari tingkat risiko gempa bumi di dalam dan sekitar area WTG.



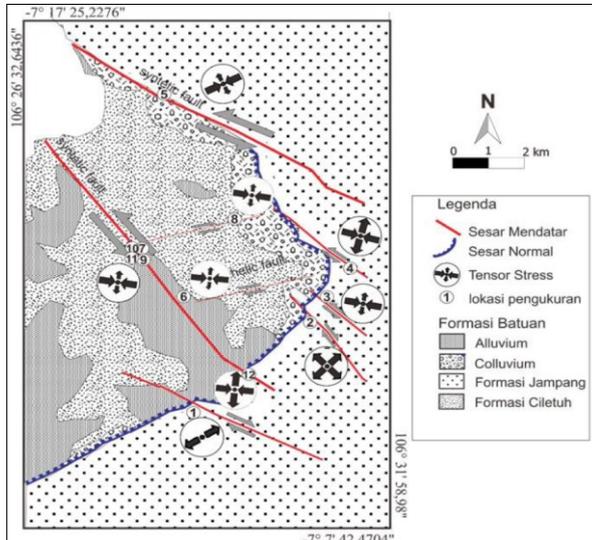
Gambar 33. Tingkat bahaya dan risiko gempa bumi di area WTG Ciracap.

Skala MMI mengklasifikasikan gempa bumi berdasarkan dampak pada permukaan daripada energi yang dilepaskan (seperti skala Richter). Intensitas VIII didefinisikan sebagai:

“Kerusakan ringan pada struktur yang dirancang khusus; kerusakan parah pada bangunan besar biasa dengan keruntuhan sebagian. Kerusakan parah pada bangunan yang dibangun dengan buruk. Runtuhnya cerobong asap, cerobong pabrik, kolom, monumen, dinding. Perabotan berat terbalik. Pasir dan lumpur dikeluarkan dalam jumlah kecil. Perubahan dalam air sumur. Pengemudi terganggu.”

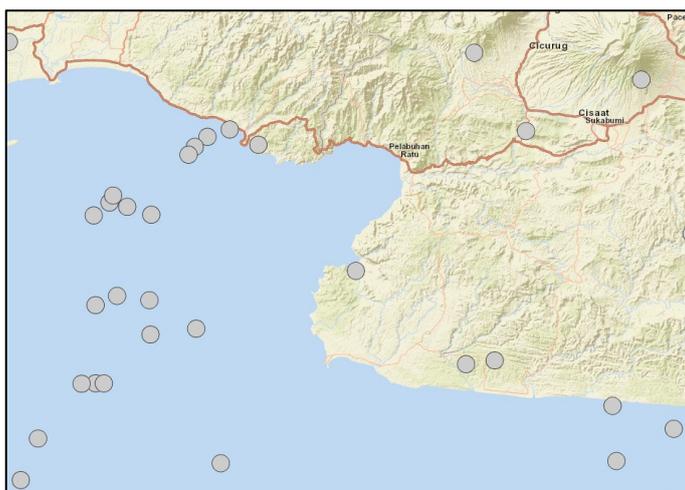


Menurut peta geologi ESDM, terdapat beberapa patahan di dekat lokasi. Sejajar dengan garis pantai terdapat sesar geser sinistral lain sekitar 30 km di tenggara lokasi proyek. Di dalam lokasi proyek, beberapa sesar geser yang lebih kecil dan sesar normal terdokumentasikan. (lihat Gambar 34).

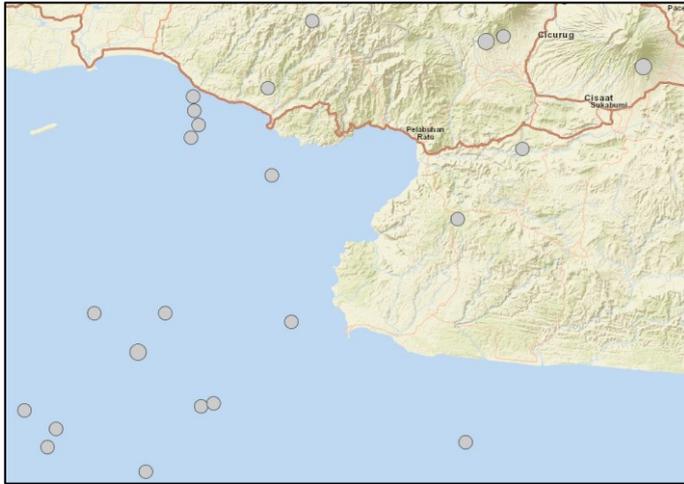


Gambar 34. Peta terperinci amfiteater kuno dengan tensor tegangan, sesar mendatar (merah) dan sesar normal (biru). Hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut telah berada di bawah pengaruh rezim tegangan geser yang diikuti oleh rezim tegangan ekstensi (Nugraha, 2023).

Sebagian besar gempa bumi (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 35 dan Gambar 36) terjadi pada kedalaman yang lebih dalam di kerak bumi, antara 40-100 km yang mengurangi dampaknya di permukaan. Gempa bumi yang tercatat di atas hanya memberikan gambaran umum tentang besarnya gempa bumi yang dapat diharapkan. Pada tahap selanjutnya, percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan harus dihitung untuk penilaian bahaya yang lebih tepat akibat gempa bumi.



Gambar 35. Semua gempa bumi berkekuatan >5.0 dalam 20 tahun terakhir (Sumber: USGS).



Gambar 36. Semua gempa bumi berlangsung selama 20 tahun pada kedalaman <10 km, semuanya antara M4.0-5.2 (Sumber: USGS).

Likuefaksi

Karena gempa bumi, likuefaksi dapat terjadi. Hal ini merupakan fenomena di mana tanah/sedimen setelah gempa bumi dapat berperilaku sebagai cairan/lumpur dan mengalir ke ketinggian yang lebih rendah (10 hingga 100 meter). Selama gempa bumi, butiran sedimen dirombak, bergerak sedikit lebih dekat satu sama lain. Sekarang ruang yang tersedia di antara butiran untuk air tanah lebih sedikit, sehingga tekanan air pori pun meningkat. Jika tekanannya cukup tinggi, tekanan tersebut akan menyalip tegangan kontak antara butiran tanah dan membuatnya berperilaku seperti lumpur.

Berdasarkan peta di *Geoportal One Map* Kementerian ESDM untuk Kebencanaan¹² hanya sebagian kecil di daerah tersebut (lihat Gambar 37) yang memiliki tingkat kerentanan 'menengah' (kuning) terhadap likuefaksi. Beberapa bagian pantai ditandai sebagai area dengan risiko 'tinggi' (merah).



Gambar 37. Risiko likuefaksi (Sumber: Geoportal One Map Kebencanaan Kementerian ESDM).

¹² <https://geoportal.esdm.go.id/kebencanaan/>



Tidak terdapat gunung berapi aktif di daerah terdekat. Gunung berapi terdekat terletak di utara daerah pada jarak 50-70 km (Gunung Gagak, Gunung Perbakti, Gunung Salak, dan Gunung Gede). Pada jarak ini, tidak ada risiko aliran lava, piroklastik atau lahar sebagai akibat dari letusan.

Namun, *tephra* (juga dikenal sebagai abu vulkanik) dapat diangkut ke area yang lebih luas. Dalam sebuah artikel yang diterbitkan (Wardman, Wilson, Bodger et al, *Bulletin of Volcanology*, 2012) dampak *tephra* pada sistem tenaga listrik ditinjau.¹³ *Tephra* adalah produk letusan gunung berapi yang eksplosif dan terdiri dari batu, mineral, dan kaca. *Tephra* berbutir halus (didefinisikan sebagai diameter partikel < 2 mm) dapat tersebar dalam jarak yang jauh oleh angin.

Karena gunung berapi aktif terdapat di sebagian besar wilayah Indonesia, PLTB mungkin rentan terhadap dampak endapan *tephra* tergantung pada jarak ke gunung berapi aktif, jumlah material yang dipancarkan dan kekuatan dan arah angin selama letusan, baik di dekat permukaan maupun di ketinggian yang lebih tinggi. Untuk pemilihan turbin angin pada tahap selanjutnya, perlindungan terhadap aliran endapan *tephra* ke dalam generator harus disertakan.

2.6 Keanekaragaman hayati, kondisi sosial-ekonomi dan lingkungan

2.6.1 Gambaran umum

Sebagian besar wilayah ini digunakan untuk perkebunan (padi, mangga, pisang) dan agroforestri (kedelai, karet, kayu keras tropis). Desa-desa kecil dan rumah-rumah tersebar di seluruh wilayah. Kepadatan desa menurun di arah selatan. Daerah ini hanya memiliki beberapa wilayah alami, sebagian besar lahan digunakan untuk pertanian atau agroforestri, namun lereng curam amfiteater alam ditutupi dengan hutan primer. Hal ini terkait erat dengan kecuraman dataran, karena terlalu curam untuk ditanami. Gambar 38 dan Gambar 39 menunjukkan kesan umum dari lokasi di dekat amfiteater.



Gambar 38. Kesan lokasi. Di sebelah kanan adalah cekungan bentang alam dan lereng curam dengan hutan dan hutan primer. Kawasan ini dikelilingi oleh agroforestri, perkebunan dan desa-desa kecil.

¹³ Lihat <https://core.ac.uk/download/pdf/35468652.pdf>



Gambar 39. Kesan situs. Di sebelah kanan adalah cekungan lanskap dan lereng curam dengan hutan dan hutan primer. Kawasan ini dikelilingi oleh agroforestri, perkebunan, dan desa-desa kecil..

Di bagian tengah, datarannya tidak terlalu berbukit, dan sebagian besar digunakan untuk persawahan. Di sisi selatan, perbukitannya kurang tinggi dan sebagian besar digunakan untuk perkebunan yang lebih besar (lihat Gambar 40).



Gambar 40. Kesan sisi timur dari lokasi proyek



2.6.2 Keanekaragaman hayati dan dampak lingkungan

Sebagian besar area digunakan untuk perkebunan dan agroforestri. Hanya di lereng amfiteater yang curam, tidak cocok untuk budidaya atau konstruksi turbin angin, beberapa hutan primal tersisa. Ladang angin potensial di daerah ini tidak akan dibangun di hutan primal yang ada. Tidak seperti hutan primal, keanekaragaman hayati dianggap relatif rendah di perkebunan dan agroforestri di sekitar amfiteater. Diharapkan turbin angin tidak akan berdampak besar pada keanekaragaman hayati. Dampak terutama terdiri dari:

Dampak keanekaragaman hayati:

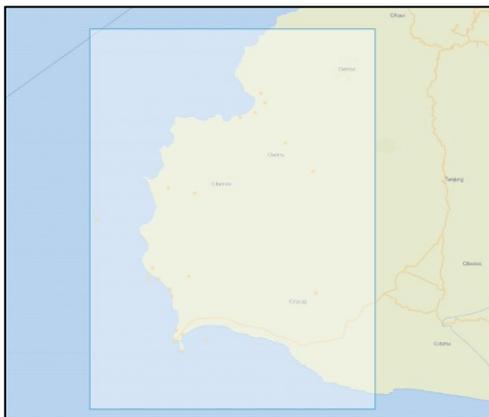
- Tabrakan burung & kelelawar (turbin)

Dampak lingkungan:

- Risiko erosi dan tanah longsor (jalan, platform)
- Meningkatnya kekeruhan di aliran sungai dan sungai akibat erosi
- Dampak visual turbin
- Kedipan & kebisingan frekuensi rendah

Flora dan fauna yang diamati:

Menurut *database* keanekaragaman hayati daring dari *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), beberapa spesies hewan atau tumbuhan yang terancam diamati di daerah tersebut (lihat Gambar 41) yang dikategorikan dalam daftar merah global IUCN (*International Union for Conservation of Nature's Red List of Threatened Species*). Kategorisasi umumnya didasarkan pada tingkat penurunan populasi, rentang geografis, jika spesies memiliki ukuran populasi kecil, jika spesies hidup di daerah terbatas atau sangat kecil, dan jika analisis kuantitatif menunjukkan probabilitas tinggi spesies punah di alam liar¹⁴. Diurutkan dari yang paling parah hingga yang paling tidak terancam, kategorinya adalah sebagai berikut: Punah (*Extinct* atau EX), Punah di Alam Liar (*Extinct in the Wild* atau EW), Kritis atau Sangat Terancam Punah (*Critically Endangered* atau CR), Terancam (*Endangered* atau EN), Rentan (*Vulnerable* atau VU), Hampir Terancam (*Near Threatened* atau NT), Risiko Rendah (*Least Concern* atau LC), Data Kurang (*Data Deficient* atau DD), dan Tidak Dievaluasi (*Not Evaluated* atau NE).



Gambar 41. Area di mana flora dan fauna yang disebutkan di atas telah diamati (meliputi lokasi ladang angin yang dibayangkan dan sekitarnya).

¹⁴ <https://www.britannica.com/topic/IUCN-Red-List-of-Threatened-Species>



Dalam tabel berikut, flora dan fauna yang diamati yang dikategorikan setidaknya 'hampir terancam' tercantum. Beberapa penampakan bertanggal (antara tahun 1890 dan 2000) dan ditampilkan dalam warna abu-abu karena status saat ini tidak diketahui dan selama tahap penelitian ini tidak diselidiki lebih lanjut.

Tabel 1. Daftar fauna yang diamati (sumber: GBIF) yang setidaknya hampir terancam menurut kategori daftar merah global IUCN. Spesies yang ditulis dengan teks berwarna abu-abu artinya tidak bertanggal atau diamati sebelum tahun 2000 (mulai dari 1890-2000).

Hewan	Nama Bahasa Inggris	Status
<i>Nycticebus javanicus</i>	Javan Slow Loris	Kritis (CR)
<i>Manis javanica</i>	Malayan Pangolin	Kritis (CR)
<i>Chelonia mydas</i>	Green Sea Turtle	Terancam (EN)
<i>Chloropsis cochinchinensis</i>	Blue-winged Leafbird	Terancam (EN)
<i>Nisaetus bartelsi</i>	Javan Hawk-Eagle	Terancam (EN)
<i>Macaca fascicularis</i>	Con Song Long-tailed Macaque	Terancam (EN)
<i>Panthera pardus subsp. melas</i>	Javan Leopard	Terancam (EN)
<i>Pavo muticus</i>	Green Peafowl	Terancam (EN)
<i>Fregata andrewsi</i>	Andrew's Frigatebird	Rentan (VU)
<i>Trachypithecus mauritius</i>	West Javan Ebony Langur	Rentan (VU)
<i>Panthera pardus</i>	Leopard	Rentan (VU)
<i>Amblonyx cinereus</i>	Asian Small-clawed Otter	Rentan (VU)
<i>Buceros rhinoceros</i>	Rhinoceros Hornbill	Rentan (VU)
<i>Lestes praecellens</i>	-	Rentan (VU)
<i>Rhyticeros undulatus</i>	Wreathed hornbill	Rentan (VU)
<i>Limosa limosa</i>	Black-Tailed Godwit	Hampir Terancam (NT)
<i>Ratufa bicolor</i>	<i>Ardilla gigante negra</i>	Hampir Terancam (NT)
<i>Teinobasis euglena</i>	-	Hampir Terancam (NT)
<i>Anthracosceros coronatus</i>	Malabar Pied Hornbill	Hampir Terancam (NT)
<i>Megalaima javensis</i>	Black-banded Barbet	Hampir Terancam (NT)

Tabel 2. Daftar flora yang diamati (sumber: GBIF) yang setidaknya hampir terancam menurut kategori daftar merah global IUCN. Spesies yang ditulis dengan teks berwarna abu-abu artinya tidak bertanggal atau diamati sebelum tahun 2000 (mulai dari 1890-2000).

Tumbuhan	Nama Bahasa Inggris	Status
<i>Dipterocarpus hasseltii</i>	-	Terancam (EN)
<i>Horsfieldia glabra</i>	-	Rentan (VU)
<i>Knema intermedia</i>	-	Hampir Terancam (NT)
<i>Aglaiapachyphylla</i> Miq.	-	Hampir Terancam (NT)
<i>Dipterocarpus hasseltii</i>	-	Terancam (EN)



Dampak terhadap keanekaragaman hayati dan lingkungan dapat diminimalkan jika mempertimbangkan poin-poin berikut:

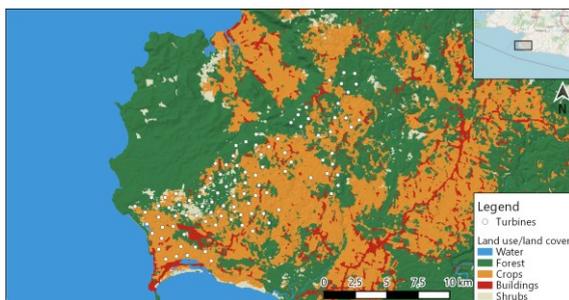
- Memanfaatkan kembali sebanyak mungkin infrastruktur yang tersedia atau layak, seperti jalan akses yang ada di dalam area tersebut;
- Hindari pembangunan jalan dan/atau saluran listrik yang menyebabkan hutan yang ada terbagi menjadi beberapa bagian, dan gunakan tata letak yang sama untuk jalan dan jaringan listrik antara turbin untuk menghindari fragmentasi habitat;
- Idealnya hanya dibuat satu titik akses yang harus dibuat untuk memasuki PLTB untuk membatasi pembukaan area untuk kegiatan lain seperti penebangan liar dan perburuan / penangkapan liar; dan
- Membatasi jumlah hutan yang dibuka di sekitar setiap turbin angin (umumnya antara 50 hingga 100 x 100 m). Ruang ini digunakan untuk derek dan penyimpanan. Dengan menggunakan *self-climbing crane* dan bukan *crane* tradisional, ruang ini dapat diminimalkan. Dengan perencanaan yang matang, penyimpanan sementara sudu turbin angin di sisi samping jalan dan bukan di samping turbin juga dapat mengurangi area yang diperlukan di sekitar turbin angin.

Sebagai bagian dari Analisis Dampak Lingkungan dan Sosial, studi dasar keanekaragaman hayati, penilaian risiko, dan langkah-langkah mitigasi harus dilakukan selama fase kelayakan.

2.6.3 Dampak sosial

Di sebagian besar wilayah, terdapat desa dan rumah yang tersebar (lihat Gambar 42). Pada lokasi dengan kecepatan angin yang diperkirakan tinggi (lebih dekat ke Ciletuh), turbin akan selalu ditempatkan dekat (<1.000 m) dengan pemukiman yang ada. Namun, jarak penyangga standar internasional 300 m antara rumah ke turbin dapat dipertahankan. Dalam beberapa situasi, satu rumah tunggal dapat hadir dalam penyangga 300 m di sekitar turbin. Dalam kasus ini, fungsi bangunan ini harus dievaluasi dan dalam kasus tempat tinggal permanen, opsi relokasi sukarela dapat dipertimbangkan. Dalam semua kasus, penempatan turbin angin harus dilakukan dengan hati-hati dan perencanaan turbin secara optimal dari sudut pandang pendapatan mungkin tidak mungkin dilakukan.

Masyarakat di daerah ini sebagian besar terdiri dari petani dan pekerja perkebunan. Di tengah desa, ada beberapa toko kecil dan pemilik restoran. Sementara itu, beberapa nelayan tinggal di dekat pantai (selatan). Di dekat Ciletuh, terdapat hotel-hotel kecil dan rumah singgah. Selama kunjungan lapangan, penduduk setempat mengatakan bahwa banyak orang dewasa muda pindah ke kota-kota besar (misalnya Sukabumi dan Jakarta) untuk mencari pekerjaan, yang terlalu jauh untuk perjalanan harian atau bahkan mingguan.



Gambar 42. Peta penggunaan lahan berdasarkan citra satelit (ESRI/Sentinel 2, 2022).



Karena kepadatan desa dan rumah di daerah tersebut, jaringan jalan yang luas sudah ada. Dalam banyak kasus, hanya bagian pendek jalan dari jaringan yang ada ke turbin yang harus dibangun. Menggunakan jaringan jalan lokal sebanyak mungkin akan meminimalkan perubahan penggunaan lahan dan karenanya dampak sosial dan lingkungan.

Dampak sosial dapat dibagi menjadi beberapa aspek:

- Kehilangan lahan pertanian yang akan digunakan untuk jalan atau platform baru
- Konstruksi sementara di jalan, platform dan turbin (penurunan aksesibilitas dan kebisingan)
- Transportasi sementara bahan bangunan dan turbin (penurunan aksesibilitas dan kebisingan)
- Dampak visual jangka panjang dari turbin di daerah tersebut
- Peningkatan mobilitas antara area tertentu dan ke jalan utama ketika akses jalan ditingkatkan

Geopark

Ciri-ciri geologis yang khusus (lihat Bagian 2.5) dan topografi yang dihasilkan membuat daerah tersebut dicap sebagai tujuan wisata. dan topografi yang dihasilkan membuat kawasan tersebut diberi merek sebagai tujuan wisata. Daerah tersebut diakui sebagai Geopark oleh UNESCO. Di Indonesia terdapat 10 Geopark (contohnya Raja Ampat, Gunung Ijen, Gunung Rinjani). Di sekitar tepi amfiteater alam dan di dalam amfiteater (desa Cileteuh) banyak ditemukan hotel dan resor. Tepian sungai merupakan ciri alam yang terlihat jelas di sebagian besar wilayah di Cilteuh. Oleh karena itu, turbin angin yang terletak di tepinya (di mana terdapat banyak angin) juga akan sangat terlihat dari jarak jauh. Hal ini dapat menimbulkan resistensi lokal dari industri perhotelan. Memosisikannya menjauhi pelek mungkin diperlukan.

Menurut informasi daring dari *geoparktoolkit.org* tujuan Geopark adalah untuk *'merangsang aktivitas ekonomi dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. (...) Oleh karena itu, semua Geopark memiliki tugas, dengan bantuan UNESCO, untuk mendorong pembangunan sosial-ekonomi yang berkelanjutan secara budaya dan lingkungan.'*

Dengan pendekatan yang tepat, diharapkan PLTB dapat sesuai dengan kerangka kerja yang disebutkan di atas.

Secara keseluruhan, dampak sosial dapat berkurang ketika poin-poin berikut diperhitungkan:

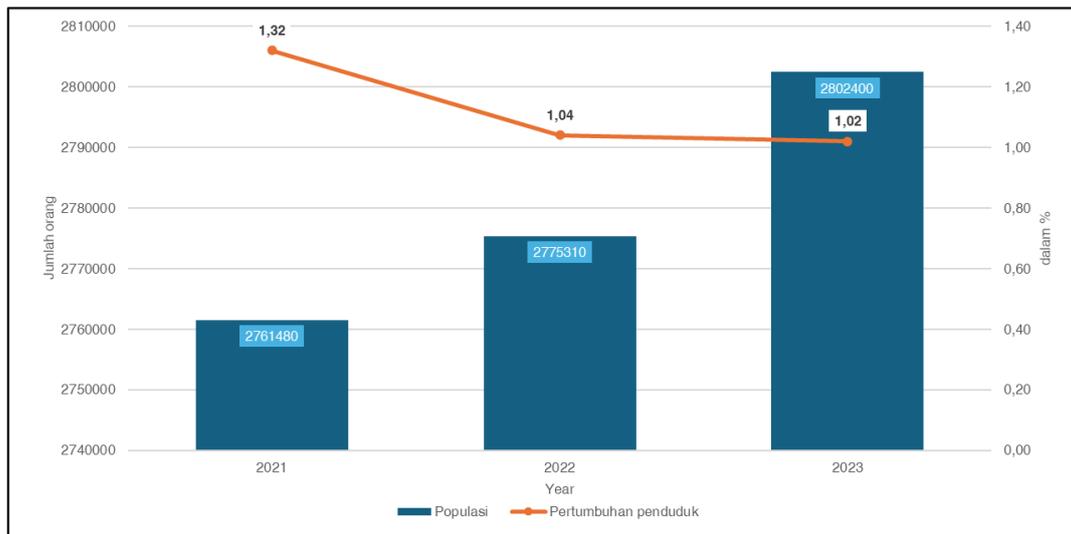
- Pembangunan jalan baru diminimalkan dengan menggunakan jaringan jalan lokal sebanyak mungkin. Dengan cara ini, lahan yang harus dibeli dan diubah penggunaannya dari pertanian menjadi infrastruktur akan seminimal mungkin, dan jalan akan meningkatkan mobilitas penduduk setempat.
- Turbin ditempatkan jauh dari tepi amfiteater agar tidak mengganggu pemandangan dan keanekaragaman hayati di hutan primer. Jarak dapat ditentukan pada tahap selanjutnya dengan bekerja sama dengan pemerintah daerah dan industri perhotelan.

Paragraf berikutnya memberikan gambaran statistik populasi dan pekerjaan di Kabupaten Sukabumi.



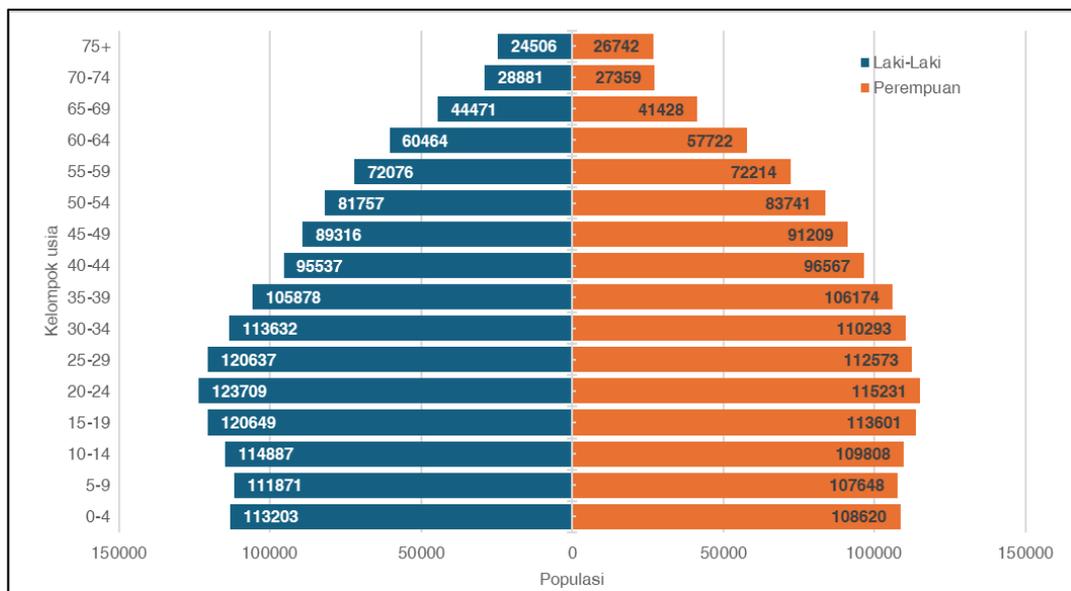
Populasi

Grafik populasi dan tingkat pertumbuhan populasi tahunan ditunjukkan pada Gambar 43. Angka pertumbuhan penduduk tahunan di kabupaten ini menurun dari 1,32% pada tahun 2021 menjadi 1,02% pada tahun 2023. Sementara itu, jumlah penduduknya meningkat dari 2.761.480 orang pada tahun 2021 menjadi 2.802.400 orang pada tahun 2023.



Gambar 43. Tingkat pertumbuhan penduduk dan penduduk tahunan di Kabupaten Sukabumi pada tahun 2021-2023 (Sumber: [BPS Kabupaten Sukabumi \(bps.go.id\)](https://bps.kabupatensukabumi.go.id)).

Piramida penduduk kabupaten ditunjukkan pada Gambar 44. Selain itu, rasio gender di kabupaten tersebut adalah 1,03 pada tahun 2023.



Gambar 44. Piramida kependudukan di Kabupaten Sukabumi tahun 2023 (Sumber: [BPS Kabupaten Sukabumi \(bps.go.id\)](https://bps.kabupatensukabumi.go.id)).



Ketenagakerjaan, pendidikan, dan pembangunan

Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) adalah perkiraan proporsi penduduk usia kerja yang terlibat aktif dalam angkatan kerja. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) adalah proporsi populasi usia kerja yang tidak aktif terlibat dalam angkatan kerja. Tingkat ini ditampilkan pada Tabel 3. Pada tahun 2021-2023, tingkat partisipasi angkatan kerja mengalami peningkatan secara keseluruhan, meskipun terjadi penurunan dari tahun 2022 hingga 2023. Sementara itu, terjadi penurunan tingkat pengangguran yang konsisten dari tahun 2021 hingga 2023.

Tabel 3. Tingkat partisipasi angkatan kerja dan tingkat pengangguran terbuka di Kabupaten Sukabumi pada tahun 2021-2023 (Sumber: [BPS Jawa Barat](#)).

Metrik (dalam %)	Tahun		
	2021	2022	2023
Partisipasi angkatan kerja	64,93	69,11	67,75
Tingkat pengangguran terbuka	9,51	7,77	7,32

Jumlah pekerja menurut pendidikan tertinggi dari tahun 2023 disajikan pada Tabel 4. Secara keseluruhan, angkatan kerja didominasi oleh lulusan sekolah dasar. Kelompok terbesar kedua adalah lulusan sekolah menengah atas, diikuti oleh sekolah menengah pertama.

Tabel 4. Pekerja menurut pendidikan tertinggi (orang) di Kabupaten Sukabumi mulai tahun 2023 (Sumber: [BPS Kabupaten Sukabumi](#)).

Pencapaian pendidikan	Bekerja	Menganggur	Jumlah Penduduk Aktif Secara Ekonomi	Persentase Pekerja yang Aktif Secara Ekonomi (%)
Sekolah dasar (SD)	656.284	17.600	673.884	97,39
Sekolah menengah pertama (SMP)	279.899	23.978	303.877	92,11
Sekolah menengah atas (SMA)	328.957	58.717	387.674	84,85
Universitas	78.904	5.934	84.838	93,01
Total	1.344.044	106.229	1.450.273	92,68

Angka Partisipasi Murni dalam data demografis mewakili rasio antara jumlah pendaftaran untuk kelompok usia yang sesuai dengan usia sekolah resmi di tingkat dasar atau menengah, dengan total populasi pada kelompok usia yang sama pada tahun tertentu. Angka ini ditunjukkan pada Tabel 5.



Tabel 5. Angka partisipasi murni di Kabupaten Sukabumi pada tahun 2022-2023 (Sumber: [BPS Kabupaten Sukabumi](#)).

Angka partisipasi murni	Tahun	
	2022	2023
Tingkat pendidikan		
Sekolah dasar	99,96	99,49
Sekolah menengah pertama	82,20	82,37
Sekolah menengah atas	52,25	56,73
Universitas	14,05	13,21

Tabel 6 menunjukkan jumlah fasilitas pendidikan di Kabupaten Sukabumi. Di antara tingkat pendidikan yang berbeda. Jumlah fasilitas pendidikan terbesar adalah taman kanak-kanak (Islam), diikuti oleh sekolah dasar.

Tabel 6. Fasilitas pendidikan di Kabupaten Sukabumi tahun 2021 (Sumber: [Statistics of Sukabumi Regency \(bps.go.id\)](#)).

Jenis sekolah	Jumlah fasilitas
Taman kanak-kanak (<i>di tahun 2020</i>)	284
Sekolah dasar (SD)	383
Sekolah menengah pertama (SMP)	339
Sekolah menengah atas (SMA)	168
Sekolah menengah kejuruan (SMK)	153
Universitas	16

Indeks Pembangunan Manusia (*Human Development Indeks/HDI*) mengukur pencapaian pembangunan manusia berdasarkan sejumlah komponen dasar kualitas hidup, yang didasarkan pada tiga dimensi:

- Hidup panjang dan sehat (melalui angka harapan hidup saat lahir);
- Pengetahuan (melalui indikator angka melek huruf dan rata-rata lama sekolah), dan
- Kehidupan yang layak (melalui indikator daya beli masyarakat untuk sejumlah kebutuhan pokok).

Indeks Pembangunan Manusia di kabupaten tersebut dari tahun 2021 hingga 2023 mengalami kenaikan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.



Tabel 7. Indeks Pembangunan Manusia, Indeks Pemberdayaan Gender, dan Indeks Pembangunan Gender di Kabupaten Sukabumi Tahun 2021-2023 (Sumber: [BPS Kabupaten Sukabumi](#)).

Metrik	Tahun		
	2021	2022	2023
Indeks Pembangunan Manusia	67,07	68,87	69,71
Indeks Pemberdayaan Gender	57,45	61,52	62,28
Indeks Pembangunan Gender	88,04	88,29	89,02

Indeks Pemberdayaan Gender (*Gender Empowerment Index/GEI*) mengukur ketidaksetaraan gender dalam tiga dimensi mendasar:

- Partisipasi dan pengambilan keputusan dalam hal ekonomi;
- Partisipasi dan pengambilan keputusan dalam hal politik; dan
- Kekuasaan atas sumber daya ekonomi.

GEI di kabupaten dari tahun 2021 hingga 2023 menunjukkan peningkatan secara keseluruhan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Indeks Pembangunan Gender (*Gender Development Index/GDI*) adalah ukuran ketidaksetaraan gender berdasarkan pencapaian dalam tiga dimensi mendasar:

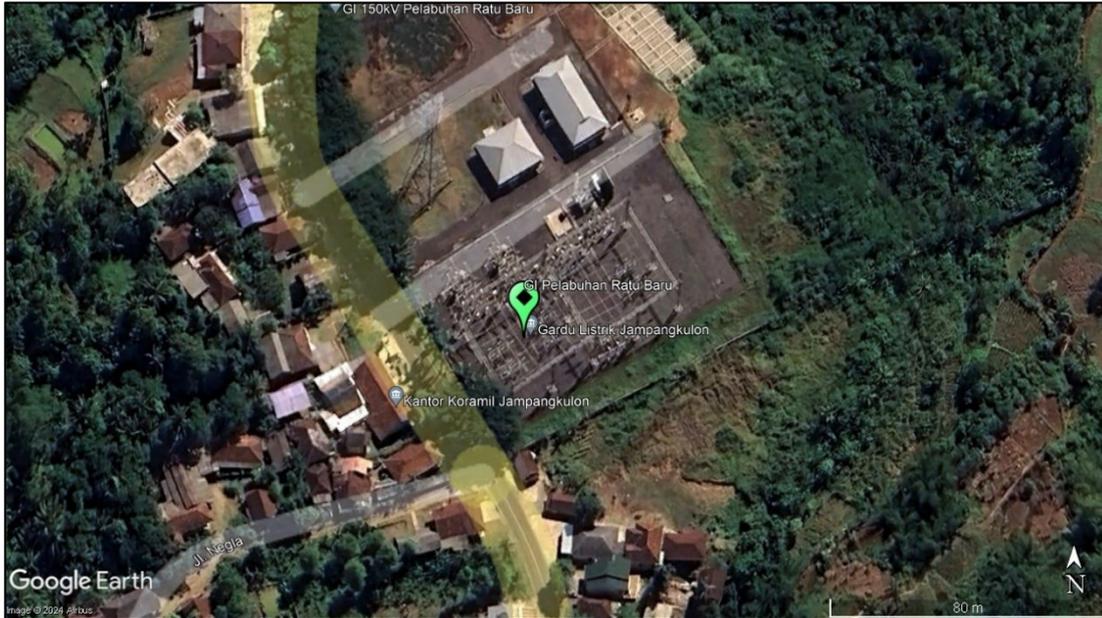
- Kesehatan (melalui angka harapan hidup wanita dan pria saat lahir);
- Pendidikan (melalui perkiraan lama bersekolah bagi anak-anak perempuan dan laki-laki, dan rata-rata lama bersekolah untuk orang dewasa perempuan dan laki-laki usia 25 tahun dan lebih tua); dan
- Penguasaan atas sumber daya ekonomi (via perkiraan pendapatan perempuan dan laki-laki).

GDI kabupaten ini pada periode 2021-2023 terlihat meningkat, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

2.7 Desain jaringan transmisi

2.7.1 Titik koneksi

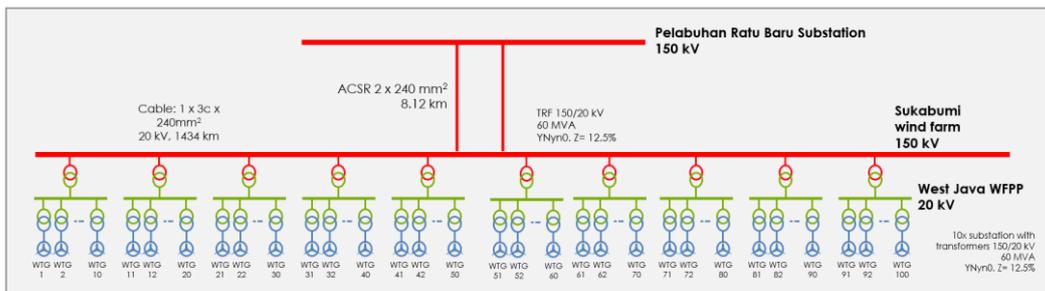
Berdasarkan lokasi tata awal PLTB yang dibayangkan, titik koneksi terdekat ke jaringan PLN yang ada telah ditentukan. Gardu induk PLN Pelabuhan Ratu Baru 150 kV yang terletak di sisi timur Kabupaten Sukabumi dipilih untuk studi ini. Foto udara gardu induk ini disertakan dalam Gambar 45. Karena studi saat ini tidak termasuk studi interkoneksi jaringan listrik, diasumsikan bahwa PLTB dapat dihubungkan ke jaringan yang ada, hal ini tidak mempengaruhi fungsi jaringan secara negatif, dan oleh karena itu sistem baterai tidak diperlukan. Selain itu, diasumsikan bahwa *busbar* tersedia di gardu induk untuk menghubungkan PLTB dengan gardu induk.



Gambar 45. Lokasi gardu induk PLN 150 kV Pelabuhan Ratu Baru. Sumber: Google Maps.

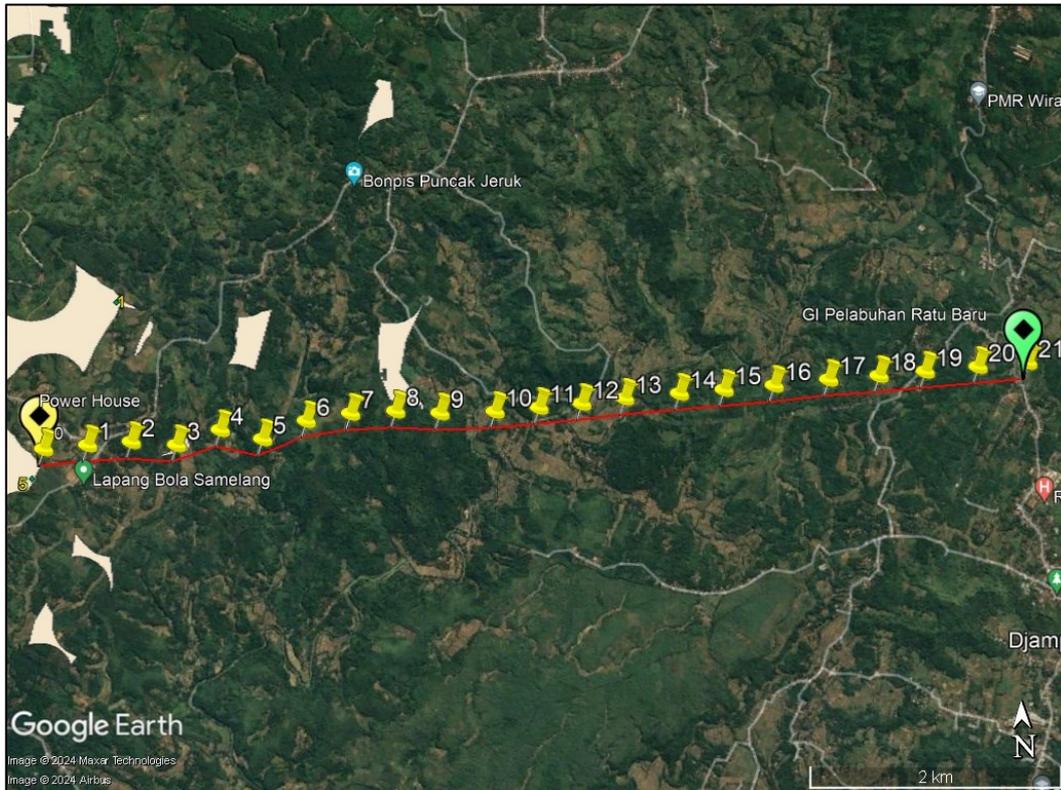
2.7.2 Desain skematis jaringan transmisi dan distribusi

Pada Gambar 46, desain skematis jaringan transmisi dan distribusi diilustrasikan. Masing-masing 100 turbin angin akan memiliki keluaran 20 kV (melalui transformator 5 MVA per turbin angin) yang didistribusikan melalui kabel distribusi. Per rangkaian maksimal 10 turbin angin, listrik yang dihasilkan didistribusikan ke salah satu dari dua puluh gardu induk di dalam PLTB. Di gardu induk ini, tegangan diubah menjadi 150 kV. Dari gardu induk, kabel 150 kV disatukan dan dihubungkan ke rumah pembangkit di perbatasan PLTB. Saluran transmisi udara mengangkut listrik yang dihasilkan dari rumah pembangkit ke titik koneksi, gardu induk Pelabuhan Ratu Baru.



Gambar 46. Desain skematis jaringan transmisi dan distribusi di PLTB Ciracap yang dibayangkan.

Saluran transmisi udara antara pembangkit listrik dan gardu induk diasumsikan sebagai garis lurus antara kedua lokasi, meliputi 8 km seperti yang divisualisasikan pada Gambar 47. Sebanyak 22 menara transmisi direncanakan dengan jarak perantara antara menara 340-450 m.



Gambar 47. Representasi skematis posisi saluran transmisi udara antara pembangkit listrik dan gardu induk Pelabuhan Ratu Baru.

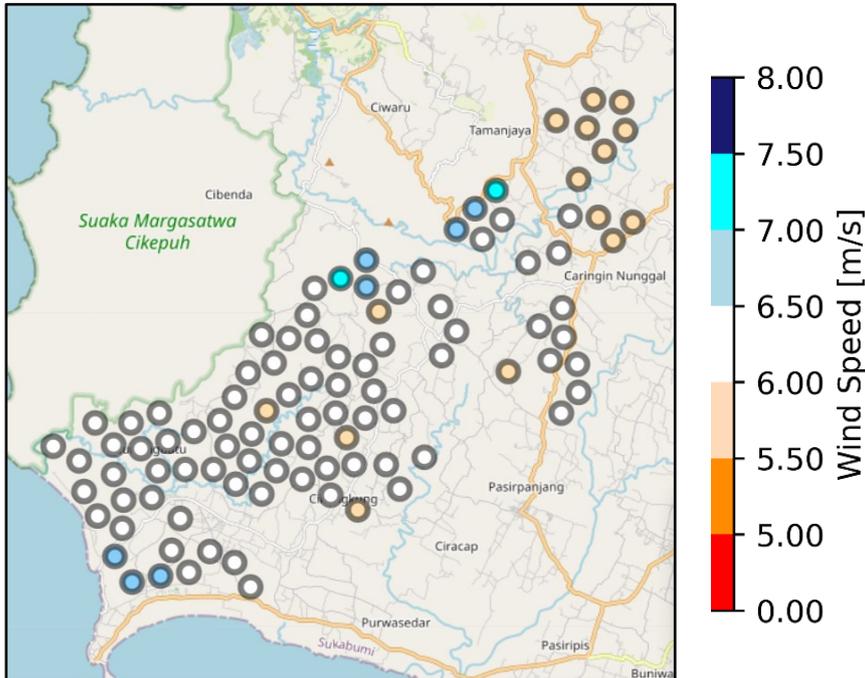
2.8 Asesmen keluaran energi

Keluaran energi disajikan sebagai rata-rata tahunan dan oleh karena itu disebut Produksi Energi Tahunan (*Annual Energy Production/AEP*). AEP bruto dimodelkan dengan menggabungkan iklim angin jangka panjang yang dihitung dan spesifikasi turbin angin dari kurva dayanya.

Untuk penilaian hasil energi lokasi Ciracap, kecepatan angin jangka panjang ditentukan berdasarkan iklim angin umum *Global Wind Atlas* (GWA) dan pemodelan windPRO. Titik jaringan skala meso GWA memberikan pandangan global pertama mengenai pola aliran dan kecepatan angin di wilayah tersebut.

Gambar 48 menunjukkan klimatologi yang dihasilkan di lokasi WTG. Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan, yang rata-rata dari semua WTG pada ketinggian naf yang direncanakan yaitu 140 m, adalah 6,2 m/s. Di bagian timur laut area WTG, kecepatan angin berada di bawah ambang batas 6 m/s. Dalam penelitian di masa depan, tata letak area WTG dapat dipertimbangkan kembali; Kecepatan angin tertinggi dekat dengan punggung curam di bagian barat daerah dan dekat dengan garis pantai selatan.

AEP kemudian dihitung berdasarkan kurva daya WTG referensi 4 MW dengan diameter rotor hampir 170 m dan ketinggian naf 140 m.



Gambar 48. Hasil kecepatan angin rata-rata jangka panjang dengan model windPRO, berdasarkan klimatologi GWA, pada ketinggian 140 m di lokasi turbin. Lingkaran berbingkai hitam mewakili turbin angin, sedangkan warna dalam lingkaran menunjukkan kecepatan angin rata-rata jangka panjang masing-masing. © OpenStreetMap.

2.8.1 Rugi-rugi energi

AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto. Hal ini merupakan rugi-rugi karena sejumlah penyebab, seperti tidak tersedianya turbin angin dan rugi-rugi terkait kinerja atau rugi-rugi kelistrikan. Rugi-rugi ini ditentukan baik oleh perhitungan atau oleh penilaian ahli dan dimasukkan sebagai nilai persentase AEP tidak termasuk rugi-rugi olakan.

Dalam laporan ini, AEP bersih ditampilkan sebagai AEP P50. Nilai P50 adalah tingkat kepercayaan statistik yang menunjukkan nilai AEP yang dapat dilampaui dengan probabilitas 50%. Dengan kata lain, P50 AEP adalah produksi energi tahunan rata-rata yang diharapkan selama masa pakai PLTB. Tabel 8 menyajikan perkiraan rugi-rugi pada tingkat PLTB.

Tabel 8. Rugi-rugi yang diperkirakan di tingkat PLTB.

Kategori	Tipe rugi-rugi energi	Jumlah	Penjelasan
Interaksi	Rugi-rugi olakan [%]	10,4%	Rugi-rugi olakan adalah pengaruh agregat pada produksi energi oleh PLTB, yang dihasilkan dari perubahan kecepatan angin yang disebabkan oleh <i>downwind</i> dari turbin angin satu sama lain. Rugi-rugi olakan dimodelkan menggunakan model standar NO Jensen (RISØ / EMD) (versi PARK2 – 2018) di windPRO, menghasilkan rugi-rugi olakan keseluruhan sebesar 10,4%.



Kategori	Tipe rugi-rugi energi	Jumlah	Penjelasan
	Rugi-rugi halangan [%]	0,0%	PLTB tidak hanya berinteraksi dengan kecepatan angin hilir (yaitu rugi-rugi olakan), tetapi juga berinteraksi dengan penurunan kecepatan angin hulu. Pengurangan kecepatan angin hulu ini disebut efek penyumbatan. Model <i>Self Similar</i> oleh Forsting (2016) ¹⁵ dengan parameterisasi linier digunakan untuk menghitung halangan. Halangan 0% diperkirakan untuk tata letak.
Ketersediaan	Ketidaktersediaan [%]	4,0%	Rugi-rugi produksi ini berkaitan dengan periode turbin angin yang tidak beroperasi karena pemeliharaan, kerusakan dan reorientasi nasek. Rugi-rugi sebesar 4,0% diperhitungkan untuk PLTB dengan lebih dari 5 WTG.
	<i>Balance of Plant</i> [%]	0,1%	Rugi-rugi <i>Balance of Plant</i> terjadi karena tidak tersedianya transformator stasiun atau jalan akses dan karenanya menghambat operasi normal PLTB.
	Waktu henti jaringan listrik [%]	0,5%	Rugi-rugi waktu henti jaringan disebabkan oleh tidak tersedianya jaringan dari operator jaringan listrik.
Performa	Rugi-rugi kurva daya [%]	2,0%	Rugi-rugi kurva daya adalah hasil dari operasi turbin angin yang kurang optimal. Hal ini terjadi ketika turbin angin beroperasi di luar kondisi desain kurva daya. Rugi-rugi kinerja konservatif sebesar 2,0% diasumsikan karena tidak ada kurva daya spesifik lokasi yang tersedia.
	Histerisis angin kencang [%]	0,5%	Pada kecepatan angin <i>cut-out</i> , turbin angin dimatikan sebagai tindakan pencegahan keamanan. Model perhitungan mengasumsikan bahwa turbin angin beroperasi penuh sampai kecepatan angin <i>cut-out</i> dan dimatikan dari titik itu. Pada kenyataannya, jika kecepatan angin berfluktuasi di sekitar kecepatan angin <i>cut-out</i> , turbin angin akan mati sampai kecepatan angin di bawah kecepatan angin <i>re-cut</i> . Rugi-rugi sebesar 0,5% diasumsikan.
	Ketidaksejajaran geleng [%]	0,0%	Rugi-rugi ketidaksejajaran geleng disebabkan oleh ketidakmampuan WTG untuk menyelaraskan diri sepenuhnya dengan arah angin aktual dan karenanya kehilangan potensi produksi. Alasannya bisa jadi sistem operasi lama yang tidak mampu mengukur arah angin

¹⁵ Meyer Forsting, A. R., Troldborg, N., & Gaunaa, M. (2016). *The flow upstream of a row of aligned wind turbine rotors and its effect on power production*. Wind Energy, 20(1), 63–77.



Kategori	Tipe rugi-rugi energi	Jumlah	Penjelasan
			saat ini secara akurat. Hal ini diasumsikan tidak akan terjadi.
Kelistrikan	Rugi-rugi kelistrikan [%]	2,0%	Rugi-rugi kelistrikan pada kabel daya terjadi karena resistensi kabel, yang meningkatkan suhu kabel dan mengakibatkan hilangnya daya ini. Nilai konservatif diasumsikan sebesar 2, 0%.
	Rugi-rugi transformator [%]	1,0%	Transformator WTG mengonsumsi energi saat level tegangan meningkat. Karena rugi-rugi transformator tidak tergabung dalam kurva P-V, rugi-rugi sebesar 1,0% diasumsikan.
	Konsumsi listrik WTG [%]	0,1%	Turbin angin membutuhkan listrik untuk mendukung kegiatan operasional seperti sistem perangkat lunak. Rugi-rugi energi sebesar 0,1% diasumsikan.
Lingkungan	Pematan karena lapisan es, petir dll. [%]	0,3%	Pematan merupakan tindakan keamanan yang diperlukan selama periode dingin ketika es menumpuk di sudu atau selama badai petir. Tidak ada lapisan es yang diperkirakan di lokasi ini. Rugi-rugi akibat petir sebesar 0,3% diasumsikan.
	Degradasi sudu [%]	1,3%	Seiring waktu, efisiensi aerodinamis sudu turbin angin menurun karena degradasi. Untuk turbin angin darat, ini terutama disebabkan oleh bahan organik, partikel debu, dan partikel lainnya yang terakumulasi pada sudu. Efek ini menumpuk dari waktu ke waktu. Rugi-rugi degradasi tahunan sebesar 0,1% diasumsikan. Selama masa pakai 25 tahun, diperkirakan rugi-rugi sebesar 1,3%.
	Suhu tinggi dan rendah [%]	2,0%	Penurunan suhu terjadi ketika turbin angin beroperasi di luar kisaran suhu operasi. Rugi-rugi diperkirakan 2,0%.
	Pertumbuhan & penebangan pohon [%]	0,0%	Turbin angin diposisikan di hutan dan perubahan ketinggian pohon atau penebangan pohon dapat menyebabkan kekasaran yang berbeda dan perubahan kecepatan angin. Namun, karena ketinggian pohon yang terbatas (sekitar 15 m), dan tidak ada penebangan pohon yang substansial yang diperkirakan, dalam hal ini tidak ada kerugian tambahan yang diperhitungkan.
Pembatasan	Pembatasan jaringan [%]	0,0%	Rugi-rugi akibat pembatasan jaringan tidak dipertimbangkan untuk PLTB ini.
	Pembatasan kebisingan [%]	0,0%	Turbin angin beroperasi dalam mode daya yang mengurangi kebisingan untuk meminimalkan tingkat kebisingan di rumah-rumah terdekat. Karena lokasi ini



Kategori	Tipe rugi-rugi energi	Jumlah	Penjelasan
			terletak di daerah terpencil, tidak ada rugi-rugi yang diharapkan.
	Pembatasan kedipan bayangan [%]	0,0%	Kedipan bayangan adalah efek ketika sudu rotor secara berkala menimbulkan bayangan ke area tertentu. Pembatasan kedipan bayangan diperkenalkan dengan tujuan mengurangi efek signifikan pada perumahan. Karena lokasi ini terletak di daerah terpencil, tidak ada rugi-rugi yang diperkirakan.
	Mitigasi burung/kelelawar [%]	0,0%	Analisis lengkap tentang habitat potensial burung dan/atau kelelawar yang dilindungi akan dilakukan dalam studi kelayakan. Pada saat ini, rugi-rugi ini diasumsikan 0,0%.
	Manajemen sektor angin [%]	0,0%	Untuk menjamin masa pakai WTG yang diharapkan, apa yang disebut dengan studi Asesmen Lokasi dilakukan oleh produsen WTG. Ketika Asesmen Lokasi ini menunjukkan beban yang melebihi pada komponen WTG, berdasarkan kondisi iklim tertentu, ada kebutuhan untuk mengubah mode operasi normal WTG ke program alternatif. Hal ini sering termasuk penerapan mode daya yang dikurangi yang sering mengakibatkan rugi-rugi produksi. Pada saat ini diasumsikan 0,0%.
Sub-total rugi-rugi non-interaksi [%]		13,0%	Akumulasi semua rugi-rugi yang disebutkan di atas, tidak termasuk rugi-rugi olakan. Berdasarkan $1 - (1 - \text{rugi-rugi A}) * (1 - \text{rugi-rugi B}) * (1 - \text{rugi-rugi C}) * \dots$ dll.
Total rugi-rugi [%]		22,1%	Akumulasi semua rugi-rugi yang disebutkan di atas, termasuk rugi-rugi olakan. Berdasarkan $1 - (1 - \text{rugi-rugi A}) * (1 - \text{rugi-rugi B}) * (1 - \text{rugi-rugi C}) * \dots$ dll.



2.8.2 Keluaran energi termasuk ketidakpastian

Memasukkan ketidakpastian model mengarah pada peningkatan keandalan penilaian sumber daya angin. Biasanya, P90 AEP digunakan untuk mengekspresikan dampak ketidakpastian. P90 adalah tingkat kepercayaan statistik yang menunjukkan nilai AEP yang dapat dilampaui dengan probabilitas 90%. Ketika distribusi probabilitas normal diasumsikan, nilai Pxx ditemukan melalui rumus berikut: $P90 = P50 * (1 - 1,28 * \sigma)$. Ketidakpastian [dalam %] ditetapkan sebagai σ .

Di sini kami mengasumsikan ketidakpastian konservatif sebesar 20% karena perhitungan murni didasarkan pada model numerik dan tidak ada pengukuran yang dilakukan di tempat pada tahap ini. Nilai P90 yang dihasilkan diberikan pada Tabel 9.

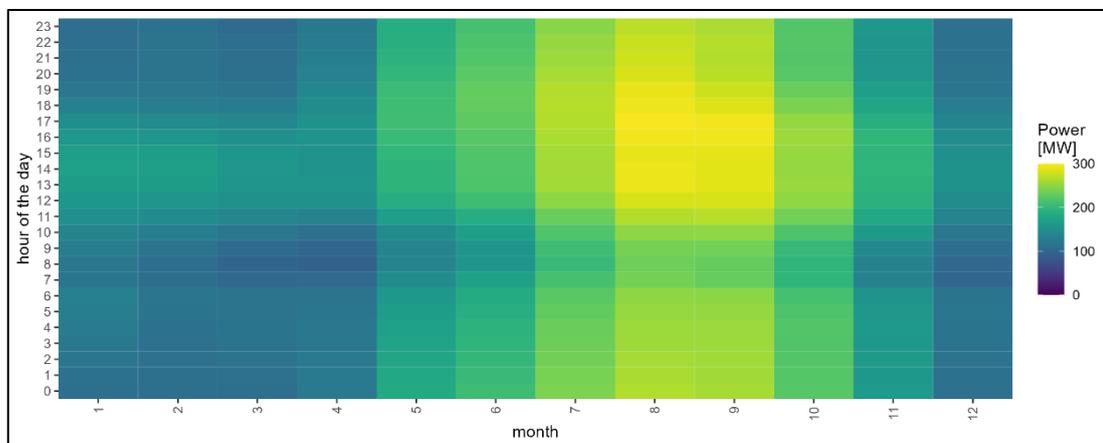
Tabel 9. Hasil energi untuk semua WTG di PLTB Ciracap.

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	100
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total Nilai Daya [MW]	400,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kepadatan udara [kg/m ³]	1,145
Kecepatan angin [m/s]	6,2
Hasil bruto [MWh/th]	1.452.438
Hasil bruto termasuk efek olakan [MWh/th]	1.301.068
P50 [MWh/th]	1.131.551
P90 (25 th) [MWh/th]	841.523
P50 [jam/th]	2.829
P90 (25 th) [jam/th]	2.104



2.8.3 Variasi keluaran daya

Dalam Subbagian 2.8.2, kami telah memberikan perkiraan produksi tahunan P50, setara dengan 1.131.551 MWh per tahun. Sebelumnya, selama penilaian sumber daya angin pertama kami telah menunjukkan bahwa untuk situs ini ada variasi besar dalam kecepatan angin sepanjang tahun, dengan kecepatan angin tertinggi selama bulan-bulan musim panas. Variabilitas ini memiliki efek langsung pada total keluaran daya PLTB pada saat-saat tertentu dalam setahun. Gambar 39 menunjukkan keluaran daya PLTB rata-rata untuk setiap bulan, dibagi lagi menjadi jam selama sehari penuh. Data masukan untuk angka ini berasal dari pemodelan ASPIRE yang dikombinasikan dengan variabilitas rata-rata EMD-WRF dalam kecepatan angin sepanjang tahun. Ilustrasi grafis ini relevan untuk diperhitungkan dalam studi kelayakan interkoneksi jaringan listrik pada studi selanjutnya untuk lokasi proyek ini.



Gambar 39. Gambaran umum variasi bulanan dari keluaran daya rata-rata PLTB per jam dalam sehari berdasarkan nilai P50 dari Subbagian 2.8.2 dalam kombinasi dengan variasi bulanan dan per jam dalam kecepatan angin dari EMD-WRF.

2.9 Asesmen kasus bisnis

2.9.1 Asumsi komponen

Untuk menentukan kasus bisnis untuk PLTB, perlu untuk mengukur parameter biaya masukan dan menentukan asumsi yang digunakan. Ini dikategorikan dalam:

- Pekerjaan persiapan
- Turbin angin
- Pekerjaan sipil
- Pekerjaan kelistrikan
- Pengeluaran operasional

Dalam sub paragraf berikut, masing-masing kategori di atas dijelaskan lebih lanjut.



Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan berikut harus dilakukan sebelum dimulainya sebagian besar pekerjaan desain dan pasti sebelum dimulainya konstruksi. Biaya untuk pekerjaan persiapan ini termasuk dalam kasus bisnis:

- Studi pra-kelayakan
- Studi kelayakan penuh
- Penilaian dampak jaringan listrik
- Pengajuan izin
- Survei
 - Topografi
 - Evaluasi pelabuhan
 - Kondisi jalan
 - Geologi
 - Geoteknik
 - Lingkungan
 - Sosial
- Pengukuran angin (2 tiang pengukuran meteorologis selama 1 tahun)
- Pembebasan lahan, dengan asumsi Rp 200.000/m² + pajak 5% untuk tanah kualitas rendah, Rp 520.000/m² + 5% untuk lahan subur sedang, yang akan digunakan untuk:
 - Permukaan jalan baru
 - Permukaan diameter rotor
 - Permukaan peningkatan jalan
 - Permukaan rumah pembangkit dan gardu induk
 - Permukaan menara transmisi

Turbin angin

Jumlah yang relevan untuk pemasangan 100 turbin angin di PLTB ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Jumlah turbin angin yang relevan untuk PLTB Ciracap yang dibayangkan.

Komponen utama	Jumlah
Nasel termasuk generator (4 MW)	100 buah
Sudu (85 m)	300 buah
Segmen menara (tinggi total 140 m)	600 buah

Selanjutnya, asumsi (biaya) berikut digunakan dalam kasus bisnis:

- Produsen turbin angin Republik Rakyat Tiongkok (RRT) digunakan sebagai turbin referensi. Pabrik ini sejauh ini memiliki rekam jejak terbatas di luar RRT tetapi dapat menawarkan harga yang kompetitif. Jaminan kualitas melalui referensi klien, sertifikasi internasional, tes penerimaan pabrik, tes penerimaan lokasi, garansi kualitas, dll. diperlukan;
- Semua komponen turbin angin dikirim dari RRT ke Pelabuhan Ratu dan melalui transportasi darat (Rute A) membawa lokasi PLTB;



- Diasumsikan bea masuk sebesar 5% berlaku untuk generator dan sudu, dan sebesar 15% untuk bagian menara¹⁶;
- Biaya tersebut sudah termasuk transportasi, sewa *crane*, instalasi, dan *commissioning*.

Pekerjaan sipil

Kuantitas yang relevan untuk pekerjaan sipil yang diperlukan untuk pemasangan 100 turbin angin di PLTB ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Daftar asumsi tentang komponen pekerjaan sipil.

Komponen utama	Sub-komponen	Jumlah
Jalan (termasuk desain, material, transportasi, tenaga kerja)	Pembangunan jalan berkerikil baru di dalam lokasi PLTB	67 km
	Peningkatan jalan yang sudah ada	121 km
Memperkuat jembatan (termasuk desain, material, transportasi, tenaga kerja)	Penguatan jembatan beton	11 jembatan
	Jangkar (72 per fondasi)	2 jembatan
Fondasi (termasuk desain, bahan, transportasi, tenaga kerja)	Kandang jangkar	7.200 buah
	Beton (230 m ³ per fondasi)	100 buah
	Baja (35 ton per fondasi)	23,00 m ³
	<i>Crane hardstand</i> (50 x 100 m) menggunakan kerikil	3.500 ton
<i>Crane hardstands</i> (termasuk desain, bahan, transportasi, tenaga kerja)	Pembangunan jalan berkerikil baru di dalam lokasi PLTB	100 <i>hardstand</i>

Selanjutnya, asumsi (biaya) berikut digunakan dalam kasus bisnis:

- Dalam asumsi biaya, jumlah tetap USD 300.000 termasuk untuk pengerukan pelabuhan perikanan Pelabuhan Ratu dan meningkatkan aksesibilitas;
- Pekerjaan sipil termasuk desain, material, transportasi, dan tenaga kerja;
- Sebagian besar jalan dari pelabuhan ke lokasi dalam kondisi baik, namun jalan berkelok-kelok melalui pegunungan dengan banyak tikungan;
- Di dalam lokasi proyek, jaringan jalan kecil sudah tersedia. Namun, peningkatan jalan umum ini dilakukan agar dapat digunakan dan/atau dibiarkan dalam kondisi baik setelah pekerjaan selesai;
- Ada risiko biaya tambahan (tersembunyi) yang substansial. Misalnya, kebutuhan untuk memperkuat dermaga pembongkaran di pelabuhan atau untuk membuat area *lay-down* yang besar karena tantangan logistik di pelabuhan. Hal ini memerlukan analisis lebih lanjut dalam studi kelayakan berikutnya;

¹⁶ Asumsi berdasarkan laporan PwC berjudul *Power in Indonesia: Investment and Taxation Guide* (Agustus 2023, Edisi ke-7)



- Jumlah biaya yang digunakan dalam kasus bisnis didasarkan pada praktik terbaik, penelitian sekunder dan kunjungan lapangan terbatas yang menimbulkan ketidakpastian yang signifikan dalam asumsi biaya.

Pekerjaan kelistrikan

Daftar kuantitas terbatas untuk pekerjaan kelistrikan telah ditentukan untuk PLTB pada Tabel 12.

Tabel 12. Daftar asumsi komponen pekerjaan listrik.

Komponen utama	Sub-komponen	Jumlah
Saluran transmisi (8 km, 22 menara)	Menara transmisi	22 unit
	Konduktor	1 set
	Isolator dan fitting; Tipe Normal	1 set
	Kabel <i>ACSR Hawk</i> 240 mm ²	1 set
	Kabel GSW 70 mm ²	1 set
	Kabel OPGW 70 mm ²	1 set
Rumah pembangkit (1 untuk seluruh PLTB)	<i>Switchgear</i> MV yang masuk	100 unit
	<i>Switchgear</i> LV	1 unit
	<i>DC Supplies</i>	1 unit
	Proteksi petir	1 unit
	Kabel 2x3C 300 mm	567 m
Pekerjaan listrik PLTB (antara pembangkit tenaga listrik, gardu induk dan turbin angin)	Transformator 20 kV (5 MVA)	100 unit
	<i>Switchgear</i>	100 unit
	Kabel MVAC (1 x 3c x 240) 50 dan 300 meter	1.434 km
	Sistem Pembumian	1 set
	Sistem Kontrol & Pemantauan	1 set
	Sistem Proteksi Kebakaran	1 set
	Sistem Hidran	1 set
Fasilitas Air (Bersih dan Kotor)	1 set	
Gardu induk (dua untuk seluruh PLTB)	Transformator 150/20 kV 30 MVA	10 unit
	Resistor <i>Grounding</i> Netral	10 unit
	<i>Switchyard</i>	1 unit
	<i>Bay</i> masuk/keluar, <i>coupler</i> , <i>busbar</i> , Panel RCP	10 set
	<i>Switchgear</i> LV	1 set
	Sistem SAS/SCADA	1 set



Selanjutnya, asumsi (biaya) berikut digunakan dalam kasus bisnis:

- Pekerjaan kelistrikan termasuk desain, bahan, transportasi dan tenaga kerja;
- Karena studi saat ini tidak termasuk studi kelayakan interkoneksi jaringan listrik, diasumsikan bahwa PLTB dapat dihubungkan ke jaringan yang ada, tidak mempengaruhi fungsi jaringan secara negatif, dan oleh karena itu tidak diperlukan sistem baterai; dan
- Diasumsikan bahwa busbar tersedia di gardu induk untuk menghubungkan PLTB dengan gardu induk.

Pengeluaran operasional

Biaya berikut diperkirakan akan dikeluarkan ketika PLTB mulai beroperasi (juga disebut sebagai *Commercial Operation Date* atau CoD) hingga akhir masa pakai desain PLTB (25 tahun):

- Biaya pemeliharaan dan layanan turbin angin, pekerjaan sipil dan pekerjaan kelistrikan
- Biaya operasi bisnis, misalnya manajemen aset, manajemen keuangan, manajemen PJBL, dll.
- Kompensasi penggunaan hutan sekitar 50% dari lokasi proyek, dengan asumsi Rp 2 juta/ha/tahun
- Asuransi (misalnya asuransi kerusakan mesin, kewajiban pihak ketiga)

2.9.2 Asumsi biaya

Dalam Tabel 13, asumsi biaya per komponen biaya tercantum yang berfungsi sebagai masukan untuk kasus bisnis. Kasus bisnis membedakan antara DEVEX (belanja pengembangan atau *development expenditure*, sebelum CoD), CAPEX (belanja modal atau *capital expenditure*) dan OPEX (belanja operasional atau *operational expenditure*). Karena ketidakpastian dan informasi terbatas yang menjadi dasar asumsi biaya, kisaran biaya (sebagai persentase dari biaya dasar) didefinisikan untuk masing-masing komponen biaya. Persebaran kisaran biaya tergantung pada ketidakpastian asumsi biaya. Misalnya, untuk pekerjaan sipil, asumsi biaya memiliki ketidakpastian yang tinggi karena pengaruh survei fisik terhadap keputusan desain dan oleh karena itu harga konstruksi. Biaya turbin angin memiliki persebaran yang lebih kecil karena ketidakpastian disebabkan terutama oleh fluktuasi global, bukan oleh keputusan desain (seri produk).

Akumulasi rentang biaya akhirnya mengarah pada total biaya investasi batas bawah, dasar, dan batas atas. Dari sini, biaya per MW dihitung, yang merupakan indikasi seberapa tinggi investasi untuk PLTB tertentu ini dibandingkan dengan rata-rata global (berada di USD 1.3 juta/MW untuk tahun 2024¹⁷) dan dengan 7 lokasi lainnya.

Tabel 13. Asumsi biaya per komponen biaya.

Komponen biaya	Biaya dasar termasuk PPN	Komentar	Julat biaya
Pekerjaan persiapan	USD 8.020.000	DEVEX: Sebelum Pemenuhan Pembiayaan	90% - dasar - 120%
Manajemen proyek	USD 28.955.195	DEVEX: Sampai CoD	Dasar

¹⁷ Sumber: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/actual-and-forecast-onshore-wind-costs-2016-2025>



Komponen biaya	Biaya dasar termasuk PPN	Komentar	Julat biaya
Turbin angin	USD 278.728.338	CAPEX: termasuk transportasi dan instalasi	90% - dasar -120%
Pekerjaan sipil: fondasi	USD 40.071.000	CAPEX	80% - dasar -150%
Pekerjaan sipil: jalan	USD 24.689.000	CAPEX	80% - dasar -150%
Pekerjaan sipil: <i>crane hardstand</i>	USD 6.875.000	CAPEX	80% - dasar -150%
Pekerjaan kelistrikan	USD 130.842.000	CAPEX	90% - dasar -120%
Pembebasan lahan	USD 89.879.000	CAPEX	90% - dasar -150%
Kontingensi risiko	USD 46.328.000	DEVEX + CAPEX	Dasar
Total biaya investasi batas bawah (DEVEX + CAPEX)	USD 589.312.000	Biaya investasi per MW: USD 1.473.000	
Total biaya investasi batas dasar (DEVEX + CAPEX)	USD 654.386.000	Biaya investasi per MW: USD 1.635.000	
Total biaya investasi batas atas (DEVEX + CAPEX)	USD 818.661.000	Biaya investasi per MW: USD 2.045.000	
Pengeluaran operasional dasar (OPEX)	USD 11.778.000 / tahun	Biaya operasional per MW / tahun: USD 29.000	

2.9.3 Parameter keuangan

Asumsi parameter keuangan berikut diterapkan dalam kasus bisnis:

- PLTB memiliki masa pakai desain 25 tahun;
- Periode penyusutan 25 tahun;
- Konstruksi dimulai pada tahun 2028,
- Pengadaan komponen PLTB diasumsikan pada tahun 2026, di mana indeksasi tahunan sebesar 3% digunakan pada tingkat harga pada tahun 2024;
- Pengeluaran operasional akan diindeks sebesar 5%;
- *Gearing* pinjaman sebesar 70%, ekuitas sebesar 30%;
- Jangka waktu utang adalah 10 tahun, struktur pembayaran anuitas;
- Tingkat bunga utang adalah 9,0%;
- Pajak properti dan pajak perusahaan sudah termasuk;
- Semua biaya sudah termasuk PPN;
- Biaya manajemen proyek atas nama pengembang sampai CoD diasumsikan sebesar 5% dari total biaya;
- Anggaran kontingensi risiko diasumsikan sebesar 8% dari total biaya termasuk biaya manajemen proyek;
- Setelah 25 tahun, nilai sisa PLTB yang ditransfer adalah sebesar USD 0 ke PLN;



- Struktur tarif sesuai dengan Peraturan Presiden 112/2022 digunakan. Peraturan ini mendefinisikan sebagai berikut:
 - Tarif batas atas per kWh pada tahun 1-10 untuk PLTB >20 MW = 9,54 x faktor lokasi (menjadi 1,1 untuk jaringan listrik Jamali) = USD 9,54 sen/kWh
 - Tarif batas atas per kWh pada tahun 11-25 untuk PLTB >20 MW = USD 5,73 sen/kWh
 - Kasus bisnis mengasumsikan PJBL dengan tarif batas atas yang sudah dijelaskan di atas. Dalam praktiknya, pengembang mungkin harus bernegosiasi dengan PLN tentang hal ini yang akan mengarah pada tarif PJBL yang lebih rendah.
 - Tidak ada pemisahan komponen untuk struktur tarif yang digunakan, yaitu pada O&M dan pekerjaan kelistrikan.
- Dalam PJBL, tidak ada Energi Kontrak Tahunan (*Annual Contracted Energy* atau ACE) yang berlaku.

2.9.4 Hasil asesmen kasus bisnis

Berdasarkan keluaran energi yang dihitung dalam Subbagian **Error! Reference source not found.**, a sumsi biaya sebagaimana tercantum dalam Subbagian 2.9.2, dan parameter keuangan yang diasumsikan dalam Subbagian **Error! Reference source not found.**, kasus bisnis PLTB telah d itentukan untuk skenario biaya batas bawah, dasar, dan atas. Kasus bisnis ini mengarah pada hasil berikut:

Tabel 14. Hasil penilaian kasus bisnis.

Hasil kasus bisnis	Skenario biaya batas bawah	Skenario biaya batas dasar	Skenario biaya batas atas
<i>Internal Rate of Return</i> (IRR) Proyek (sebelum pajak) di P50	10,50%	8,70%	5,29%
Rata-rata <i>Debt Service Coverage Ratio</i> (DSCR) di P90	1,16	1,06	0,88
Laba bersih di P50 selama 25 tahun	USD 394.436.000	USD 324.240.000	USD 161.459.000



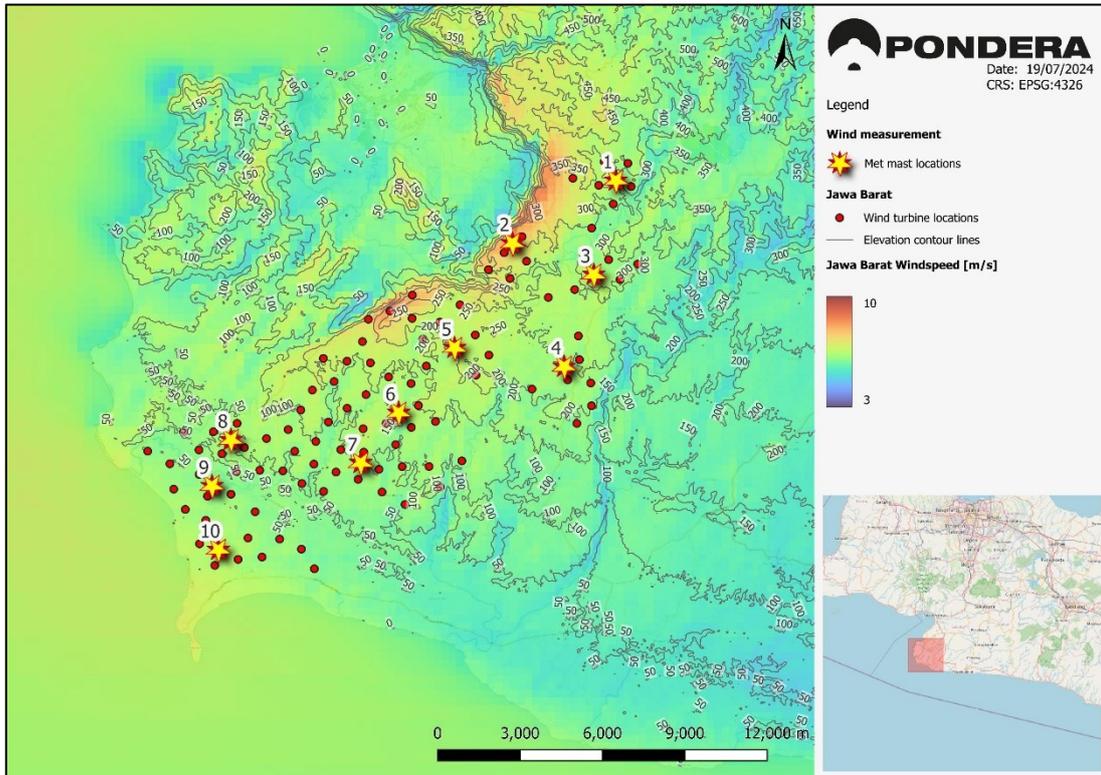
3 Kesimpulan dan Rekomendasi

Berdasarkan analisis yang dilakukan dan data yang tersedia, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi keseluruhan dari PLTB di Ciracap, Kabupaten Sukabumi memerlukan peningkatan. Penyebab utama hal ini adalah kecepatan angin yang lebih rendah dari yang diperkirakan di beberapa lokasi turbin angin tertentu. Meskipun penilaian sumber daya angin awal hanya mencakup daerah dengan kecepatan angin di atas 6 m/s, selama tahap pemodelan angin, kecepatan angin di beberapa lokasi turbin angin ternyata di bawah angka ini (lihat Gambar 48). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh resolusi rendah peta kecepatan angin berdasarkan Global Wind Atlas. Tanpa pengukuran angin dan/atau pemodelan angin yang terperinci, ada ketidakpastian yang tinggi dalam tingkat kecepatan angin dari sumber ini. Hanya berdasarkan peta angin ini, tampaknya kecepatan angin yang kurang menjanjikan ditemukan di sudut timur laut PLTB yang dibayangkan. Meskipun hal ini memerlukan validasi lebih lanjut melalui pengukuran angin, tata letak lokasi dapat direkomendasikan untuk dipertimbangkan kembali selama studi lanjutan. Namun, jika area timur laut dan lokasi turbin angin lainnya dengan kecepatan angin yang lebih rendah dikecualikan dari pengembangan di masa mendatang, hal itu masih dapat mengarah pada ukuran ladang angin sekitar 300-350 MW. Sementara hasil bisnis saat ini memerlukan peningkatan, pemilihan lokasi turbin angin dengan hasil tertinggi dan biaya terendah sangat penting dalam penilaian di masa mendatang.

Selain kurangnya sumber daya angin di beberapa lokasi turbin angin, PLTB yang dibayangkan memang menimbulkan risiko lain yang harus diperhitungkan oleh pengembang dan investor. Hal ini dapat diringkas dalam daftar risiko non-limitatif berikut, termasuk rekomendasi tindakan mitigasi masing-masing:

- **Sumber daya angin:** Masih ada ketidakpastian yang signifikan pada sumber daya angin di daerah tersebut sebagaimana ditentukan dalam penelitian ini. Variasi hasil antara model yang berbeda menunjukkan bahwa validasi sumber daya angin di awal proses pengembangan sangat penting. Kami merekomendasikan menempatkan sepuluh tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun, lihat Gambar 49. Di latar belakang gambar yang ditunjukkan adalah kecepatan angin dari Global Wind Atlas (GWA). Elevasi ditunjukkan dengan garis kontur. Titik berwarna merah menunjukkan lokasi turbin angin. Ikon kuning menunjukkan posisi global lokasi dari tiang pengukuran meteorologis yang direkomendasikan.

Tiang pengukuran meteorologis tersebar di seluruh lokasi proyek untuk menangkap variabilitas spasial. Terutama di punggung bukit, disarankan untuk melakukan pengukuran tambahan dengan anemometer 3D ultrasonik, karena di punggung bukit, kemungkinan besar turbin akan mengalami draf naik dan turun. Menggunakan anemometer 3D ultrasonik, kecepatan horizontal dan kecepatan vertikal akan diukur.



Gambar 49. Lokasi tiang pengukuran meteorologis yang direkomendasikan.

- **Penggunaan lahan dan perizinan:** Seperti yang dapat disimpulkan dari Gambar 42 dan Subbagian 2.2.5, PLTB direncanakan di dalam kombinasi Kawasan Perkebunan (mayoritas), serta Kawasan Pertanian Lahan Basah dan Kering. Untuk penggunaan kawasan ini, kesepakatan perlu dicapai dengan pemilik lahan untuk memperoleh atau menyewakan lahan tersebut. Sebelum ini dapat dilaksanakan, penting bagi pengembang untuk menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci sejak awal proses pembangunan. Pengembang disarankan untuk terlebih dahulu mulai berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan (jika diperlukan) persetujuan dan izin, dan untuk melakukan pendekatan kepada pemilik lahan yang relevan tentang kemungkinan mencapai kesepakatan tentang lahan tersebut.
- **Transportasi:** Analisis aksesibilitas terbatas telah dilakukan untuk prospektus ini. Untuk memastikan bahwa pelabuhan di Pelabuhan Ratu adalah titik awal yang paling cocok untuk transportasi melalui darat. Untuk memastikan bahwa pelabuhan di Pelabuhan Ratu cocok untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin, penilaian yang lebih luas perlu dilakukan di pelabuhan yang dapat memerlukan konsultasi dengan pemilik pelabuhan. Selama kunjungan lapangan, ditemukan dermaga tanah di pantai barat, yang membuktikan bahwa ini mungkin merupakan rute transportasi yang layak. Penggunaan dermaga seperti itu di dekat lokasi dapat mempersingkat jarak transportasi darat secara drastis. Namun, biaya pembangunan dermaga di dekat lokasi ini dan biaya yang dihemat karena tidak menggunakan pelabuhan perikanan setempat harus dievaluasi selama studi kelayakan.



Selain itu, sebagian besar jalan dari pelabuhan ke lokasi dalam kondisi baik, namun jalan tersebut berkelok-kelok melewati pegunungan dengan banyak tikungan. Di dalam lokasi, jaringan jalan kecil yang besar sudah tersedia. Akan tetapi, peningkatan jalan umum ini diperlukan agar dapat digunakan dan/atau dibiarkan dalam kondisi baik setelah pekerjaan selesai. Survei logistik yang lebih ekstensif direkomendasikan untuk dilakukan sebagai bagian dari studi kelayakan di masa mendatang untuk mendapatkan detail lebih lanjut tentang (penyesuaian) infrastruktur yang diperlukan.

- **Geologi:** Berdasarkan tingkat studi yang dilakukan untuk prospektus ini, masih ada ketidakpastian yang signifikan termasuk dalam desain dan konstruksi fondasi, jalan, dan *hardstand crane*, karena keadaan geologis dan dampak dari keadaan ini. Oleh karena itu, disarankan untuk menyelidiki lebih lanjut stabilitas dan kemampuan tanah untuk menahan beban turbin angin lebih dekat ke tepi kaldera (di mana kecepatan angin yang lebih tinggi diharapkan) selama tahap kelayakan. Hal ini dapat dilakukan dengan penyelidikan geoteknik (menentukan karakteristik tanah seperti kuat geser, kepadatan, permeabilitas, dll.), dan selanjutnya analisis stabilitas tanah.
- **Kegempaan:** PLTB yang dibayangkan direncanakan di daerah dengan risiko gempa bumi (mirip dengan banyak lokasi lain di Indonesia). Selama studi kelayakan, percepatan puncak tanah maksimum yang diharapkan harus dihitung untuk penilaian bahaya yang lebih tepat akibat gempa bumi. Studi ini juga harus melihat cara-cara yang mungkin untuk mengurangi risiko gempa yang teridentifikasi. Desain fondasi setidaknya harus memenuhi standar internasional untuk mengurangi risiko gempa.
- **Lingkungan:** Sebagian dari kawasan tersebut merupakan tujuan wisata penting dan dapat dipengaruhi oleh turbin angin di dekatnya dengan ketinggian ujung lebih dari 200 m. Terutama daerah yang diakui sebagai Geopark. Kehadiran ladang angin ini dapat menimbulkan tantangan dari pemangku kepentingan lokal dan kelompok lingkungan pada pengembangan PLTB. Oleh karena itu, disarankan untuk melibatkan para pemangku kepentingan ini di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan.
- **Flora dan fauna:** Diperkirakan spesies flora dan fauna yang terancam dan rentan berada di area PLTB yang dibayangkan. Oleh karena itu, kemungkinan pengembangan PLTB akan berpengaruh pada keanekaragaman hayati. Hal yang juga harus dipertimbangkan adalah pendanaan internasional untuk pembangunan di dalam hutan tidak diberikan dengan mudah. Oleh karena itu, disarankan bahwa sebagai bagian dari Analisis Dampak Lingkungan dan Sosial, studi dasar keanekaragaman hayati, dan penilaian risiko dan langkah-langkah mitigasinya dilakukan selama studi kelayakan.



- **Koneksi jaringan dan PJBL:** PLTB tersebut dirancang untuk dihubungkan ke jaringan PLN. Hal ini mengasumsikan bahwa grid dapat mengintegrasikan 400 MW energi angin (dengan keluaran yang bersifat variabel), dan bahwa gardu induk di Pelabuhan Ratu Baru cocok untuk memfasilitasi koneksi jaringan PLTB. Asumsi tersebut harus diverifikasi selama studi kelayakan. Selain itu, hasil penilaian kasus bisnis saat ini didasarkan pada asumsi bahwa PJBL menggunakan tarif batas atas listrik sebagaimana diatur dalam Peraturan Presiden 112/2022, dan bahwa tidak ada Energi Kontrak Tahunan (ACE) yang diterapkan. Kondisi PJBL yang sebenarnya tergantung pada PLN dan bagaimana proses tender diatur. Penyelarasan awal dengan PLN pada kondisi PJBL ini dan pengaturan proses tender direkomendasikan.

Berdasarkan daftar risiko di atas dan langkah-langkah mitigasi yang direkomendasikan, dan sebagai langkah selanjutnya dalam pengembangan PLTB, disarankan untuk memprioritaskan pelaksanaan pengukuran angin di tempat untuk memvalidasi kecepatan angin aktual di daerah tersebut. Sejalan dengan pengukuran, penting untuk mulai terlibat dan menyelaraskan dengan pemangku kepentingan terkait dan otoritas lokal tentang kesediaan mereka untuk berkolaborasi dalam pengembangan energi angin di lokasi ini.



4 Sanggahan

Prospektus PLTB ini telah ditulis dengan hati-hati berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh empat pihak berpengalaman di sektor energi angin (Pondera, Witteveen+Bos, Quadran, dan BITA). Namun, selain kunjungan lapangan selama dua hari ke daerah tersebut, penilaian telah dilakukan melalui penelitian sekunder berdasarkan data dan informasi yang tersedia untuk umum. Sifat dan keakuratan data dan informasi yang digunakan untuk laporan sangat menentukan keakuratan dan ketidakpastian rekomendasi dan hasil laporan ini. Selanjutnya, verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan diperlukan untuk menentukan kelayakan tekno-ekonomi definitif dari PLTB terkait. Oleh karena itu, tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Untuk beberapa situs, para pengembang telah memulai studi tindak lanjut dan oleh karena itu mungkin sampai pada pertimbangan dan kesimpulan yang berbeda berdasarkan data yang mereka dapatkan. Penggunaan prospektus PLTB ini terbatas untuk menginformasikan Pemerintah Indonesia, pengembang, dan investor tentang potensi indikatif dari lokasi yang disajikan untuk pengembangan energi angin. Penulis laporan ini tidak bertanggung jawab atas segala konsekuensi yang mungkin timbul dari penggunaan laporan yang tidak tepat.

Sanggahan

Informasi yang diberikan dalam dokumen ini diberikan "sebagaimana adanya", tanpa jaminan dalam bentuk apa pun, baik tersurat maupun tersirat, termasuk, tanpa batasan, jaminan kelayakan untuk diperdagangkan, kesesuaian untuk tujuan tertentu, dan tidak adanya pelanggaran. UNOPS secara khusus tidak memberikan jaminan atau pernyataan apa pun mengenai keakuratan atau kelengkapan informasi tersebut. Dalam keadaan apa pun, UNOPS tidak akan bertanggung jawab atas segala kerugian, kerusakan, kewajiban, atau biaya yang dikeluarkan atau diderita yang diklaim sebagai akibat dari penggunaan informasi yang terdapat di sini, termasuk, tanpa batasan, segala kesalahan, kekeliruan, kelalaian, gangguan, atau penundaan sehubungan dengan hal tersebut. Dalam keadaan apa pun, termasuk namun tidak terbatas pada kelalaian, UNOPS atau afiliasinya tidak akan bertanggung jawab atas segala kerusakan langsung, tidak langsung, insidental, khusus, atau konsekuensial, meskipun UNOPS telah diberitahu tentang kemungkinan kerusakan tersebut. Dokumen ini juga dapat berisi saran, pendapat, dan pernyataan dari dan dari berbagai penyedia informasi. UNOPS tidak menyatakan atau mendukung keakuratan atau keandalan saran, pendapat, pernyataan, atau informasi lain yang diberikan oleh penyedia informasi mana pun. Ketergantungan pada saran, pendapat, pernyataan, atau informasi lain tersebut juga menjadi risiko pembaca sendiri. Baik UNOPS maupun afiliasinya, maupun agen, karyawan, penyedia informasi, atau penyedia konten masing-masing, tidak bertanggung jawab kepada pembaca atau siapa pun atas ketidakakuratan, kesalahan, kelalaian, gangguan, penghapusan, cacat, perubahan, atau penggunaan konten apa pun di sini, atau atas ketepatan waktu atau kelengkapannya.