Buklet Pengembangan Energi Angin

2024 | Asesmen 8 lokasi di daratan Pulau Sumatra dan Jawa

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

ENERGY TRANSITION PARTNERSHIP
Powering Prosperity and Enabling Sustainability in South East Asia

UNOPS

PONDERA

Buklet Pengembangan Energi Angin: Asesmen 8 lokasi di daratan Pulau Sumatra dan Jawa
Proyek '*Wind Energy Development in Indonesia: Investment Plan*'
Juli 2024

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).

Penulis: Pondera Consult
Witteveen+Bos
BITA Bina Semesta
Quadran Energi Rekayasa

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, dengan ini kami sampaikan bahwa "Buklet Pengembangan Energi Angin" telah selesai disusun. Laporan ini merupakan salah satu keluaran dari proyek *Wind Energy Development in Indonesia: Investment Plan*. Proyek ini bertujuan untuk mendorong transisi energi dan pengembangan energi terbarukan, khususnya energi angin darat, di Indonesia. Potensi signifikan energi angin darat di Indonesia perlu dimanfaatkan dengan baik dalam jangka pendek dan jangka panjang sebagai upaya mencapai target bauran energi terbarukan yang ditargetkan dalam bauran energi nasional. Pemanfaatan ini juga penting untuk mendukung komitmen Pemerintah Indonesia dalam mencapai *Net Zero Emissions* (NZE) pada tahun 2060, atau lebih cepat. Akhir kata, izinkan kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kerja sama dan masukan berharga dari semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini, terutama Kementerian ESDM, Kementerian Agraria dan Tata Ruang / Badan Pertanahan Nasional, Pemerintah Daerah dan instansi terkait, anggota Kelompok Kerja Teknis Tenaga Angin (*Wind Power Technical Working Group*), para pengembang energi angin, dan pihak-pihak lainnya.

Jakarta, 12 Juli 2024
Tim Redaksi

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.

Kata Sambutan
Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi

Komitmen Indonesia untuk mencapai target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 menuntut inovasi dan kerja keras dari semua pemangku kepentingan. Pencapaian target tersebut sangat penting untuk mendorong tercapainya target Enhanced Nationally Determined Contribution Indonesia, yaitu penurunan emisi gas karbon pada tahun 2030 sebesar 32% (upaya sendiri) dan 43% (dengan bantuan internasional). PLTB memegang peranan penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Selain berpotensi mengurangi emisi karbon secara signifikan di sektor ketenagalistrikan, PLTB juga memperkuat ketahanan energi nasional, meningkatkan kualitas lingkungan, dan mempromosikan pembangunan ekonomi lokal.

Buklet ini menampilkan ringkasan hasil studi pra-kelayakan di delapan lokasi PLTB darat potensial yang tersebar di Jawa dan Sumatera. Studi ini bertujuan untuk membantu para pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan dalam membuat langkah selanjutnya yang diperlukan untuk meningkatkan kelayakan tekno-ekonomi dari proyek-proyek energi angin ini, sebelum mengintegrasikannya ke dalam rencana pembangunan di masa depan. Studi ini juga diharapkan dapat menarik investor dan pengembang untuk mengembangkan dan membangun PLTB berikutnya di Indonesia. Aspek kunci pengembangan PLTB yang menjadi fokus dari studi ini adalah ketersediaan sumber daya angin, aksesibilitas lokasi, keanekaragaman hayati dan kondisi lingkungan, desain jaringan transmisi, asesmen keluaran energi, dan penilaian kasus bisnis.

Buklet ini juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman akan pentingnya pengembangan energi terbarukan sebagai bagian dari transisi energi, serta memotivasi semua pihak untuk berpartisipasi aktif dalam mendukung perumusan dan implementasi kebijakan pemerintah. Bersama-sama, kita dapat secara kolektif mewujudkan komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon dan memerangi perubahan iklim global.

Kami berharap buklet ini bermanfaat bagi seluruh pemangku kepentingan dan mendorong langkah konkret untuk mempercepat transisi energi di Indonesia. Mari kita terus bekerja sama untuk menciptakan masa depan yang lebih baik dan berkelanjutan bagi generasi berikutnya.

Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi,

"Kami berharap Buklet Pengembangan Energi Angin dapat menginformasikan kepada semua pihak terkait tentang potensi energi angin yang menjanjikan di Indonesia, sehingga berbagai tindakan dapat dilakukan untuk mempercepat terwujudnya proyek PLTB yang berkualitas dan berkelanjutan. Mari kita bersama-sama mendorong transformasi energi nasional menuju masa depan yang lebih hijau dan bersih."

Prof. Dr. Eng. Eniya Listiani Dewi

ENERGY TRANSITION PARTNERSHIP
Powering Prosperity and Enabling Sustainability in South East Asia
UNOPS
PONDERA

Pendahuluan

Prospektus PLTB ini merupakan salah satu 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.

Fokus penelitian ini adalah kelayakan tekno-ekonomi angin darat di Indonesia, yang tujuannya adalah untuk menarik donor dan investasi bisnis untuk lokasi energi angin potensial. Seperti yang ditunjukkan di bawah ini, delapan lokasi PLTB potensial 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 dari penelitian ini dikonsolidasikan dalam prospektus PLTB per lokasi, dan dirangkum dalam Buklet ini. Delapan prospektus PLTB juga tersedia untuk umum untuk pemahaman mendalam tentang analisis yang dilakukan.

Kriteria pemilihan lokasi

Kecepatan angin rata-rata per tahun: > 6 m/s
pada ketinggian 100 m

Kemiringan: < 15 derajat
dengan penyangga 100 m di sekitar punggung bukit yang curam

Pengecualian jalan dan jalur kereta api
dengan penyangga 150 m

Pengecualian *no-go zones* lainnya
dengan penyangga yang diterapkan pada kawasan yang dilindungi, badan air, bandara, dll.

Turbin angin acuan
Kapasitas: 4 MW
Diameter rotor: 170 m
Tinggi naf: 140 m
Jarak antar turbin: 5x diameter rotor

Pertimbangan tata letak turbin

- Menggabungkan posisi turbin angin sebanyak mungkin untuk meningkatkan efektivitas biaya
- Memilih daerah dengan iklim angin yang lebih menjanjikan
- Pemeriksaan visual berdasarkan citra satelit dan kunjungan lokasi

Proyek 120 MW
Aceh Besar, Aceh

Lokasi dan kebutuhan listrik

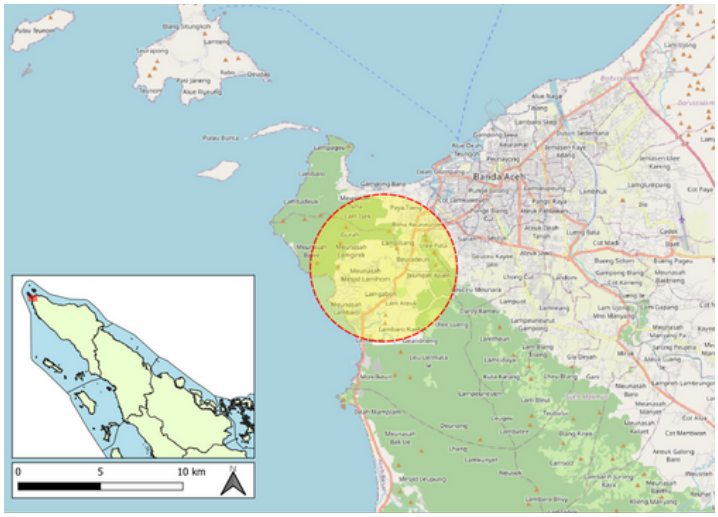
PLTB yang dibayangkan terletak di Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Sistem kelistrikan di provinsi ini terhubung ke jaringan Sumatra Bagian Utara (Sumbagut).

Beban puncak di provinsi ini pada 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 4,7% dari 542 MW (2020). Dalam RUPTL PLN 2021-2030, potensi energi angin di Aceh tercatat sebesar 148 MW. Penambahan 110 MW dialokasikan untuk pengembangan PLTB di sistem Sumatra pada tahun 2024 dan 2025.

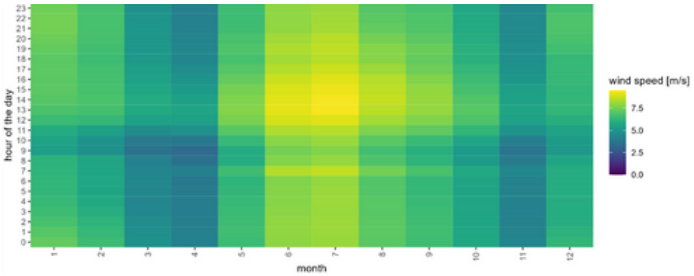
Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Aceh Besar 2013-2033, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

Kawasan Perkebunan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh pihak swasta atau komunitas lokal. Pengembangan PLTB dapat dilakukan jika perjanjian sewa / beli dicapai dengan pemilik lahan.

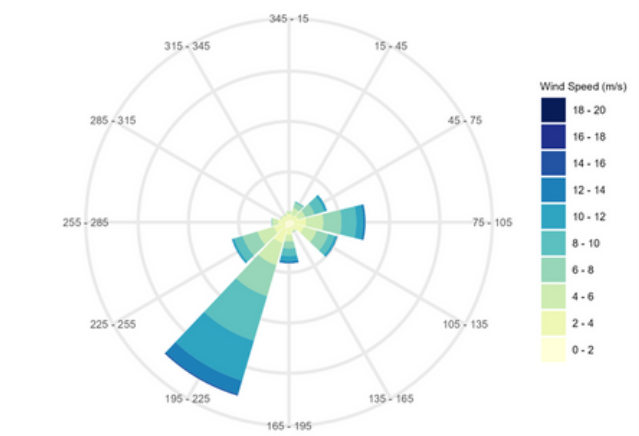
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah/Lahan Kering
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat, perusahaan swasta, atau badan usaha milik negara. Pengembangan PLTB dapat dilakukan jika perjanjian sewa / beli dicapai dengan pemilik lahan.



Karakteristik angin



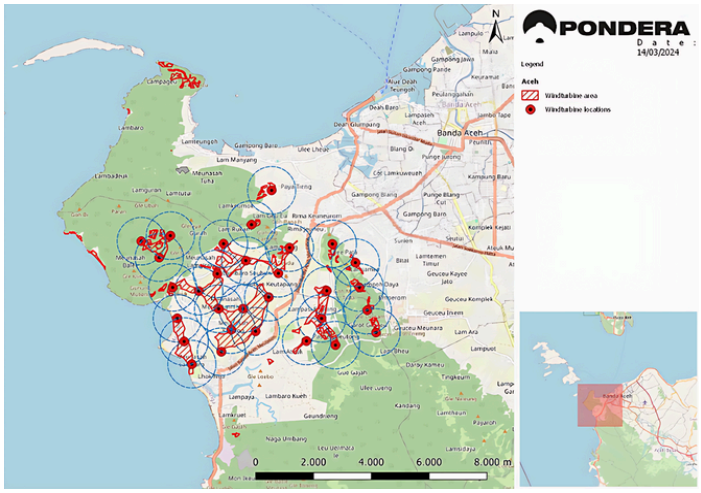
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar berasal dari angin dari arah barat daya. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Mei-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi kecepatan angin antar tahunan.



Tata letak PLTB

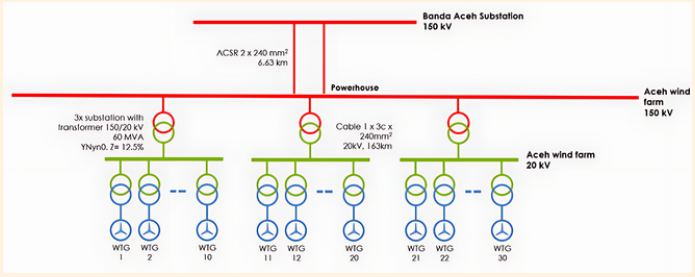
30
turbin angin

120 MW
total kapasitas terpasang



Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan

Pelabuhan Malahayati dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi proyek tersedia melalui jalan nasional dan regional. Tidak ada tantangan yang diperkirakan dari pelabuhan sampai ke lokasi proyek. Namun, jalan akses internal melalui desa-desa kecil dengan jalan-jalan sempit, belokan-belokan sempit, dan kabel listrik dan kabel telepon yang menjorok.



Titik terdekat koneksi ke jaringan eksisting adalah gardu induk PLN 150 kV Banda Aceh. Dari gardu induk PLN ini ke gardu listrik PLTB, diperlukan saluran transmisi sepanjang 6 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke gardu listrik melalui tiga gardu PLTB.

Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun di daerah datar-berbukit dan curam, dan beberapa jalan dan jembatan yang ada harus diperbaiki.

23 km jalan baru

12 km peningkatan jalan

8 jembatan diperkuat

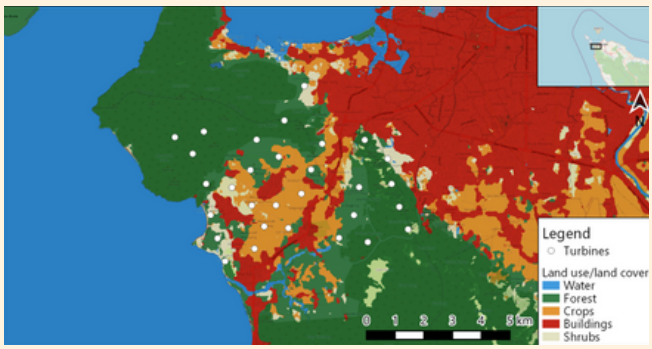
30 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*

19 menara transmisi

163 km kabel listrik

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB ini memiliki risiko kerentanan pergerakan tanah yang rendah hingga sedang dan berpotensi terkena gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



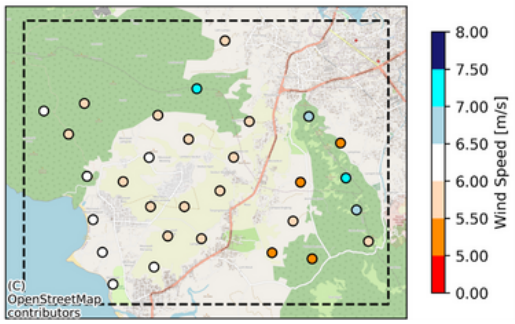
Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

Beberapa spesies hewan kritis, terancam, rentan, dan hampir terancam punah diamati di daerah tersebut. Spesies yang terancam termasuk raptor, bangau, burung walet, dan kelelawar, dan spesies mamalia. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan di daerah yang tidak padat penduduk. Namun, dampak visual dan keterlibatan pemangku kepentingan sangat penting pada tahap awal pengembangan proyek.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	30
Nilai Daya per WTG [MW]	4.0
Total daya nominal [MW]	120.0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	1,151
Kecepatan angin [m/s]	6,0
Hasil kotor [MWh/th]	398.549
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	365.114
P50 [MWh/th]	317.543
P90 (25 th) [MWh/th]	236.154
P50 [jam/th]	2.646
P90 (25 yr) [jam/th]	1.968

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) ada di kisaran 5,0 - 7,5 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase rugi-rugi produksi sebesar 20,5% ditentukan untuk PLTB berdasarkan, misalnya, rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.



AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (2.646 jam/th) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 30%.

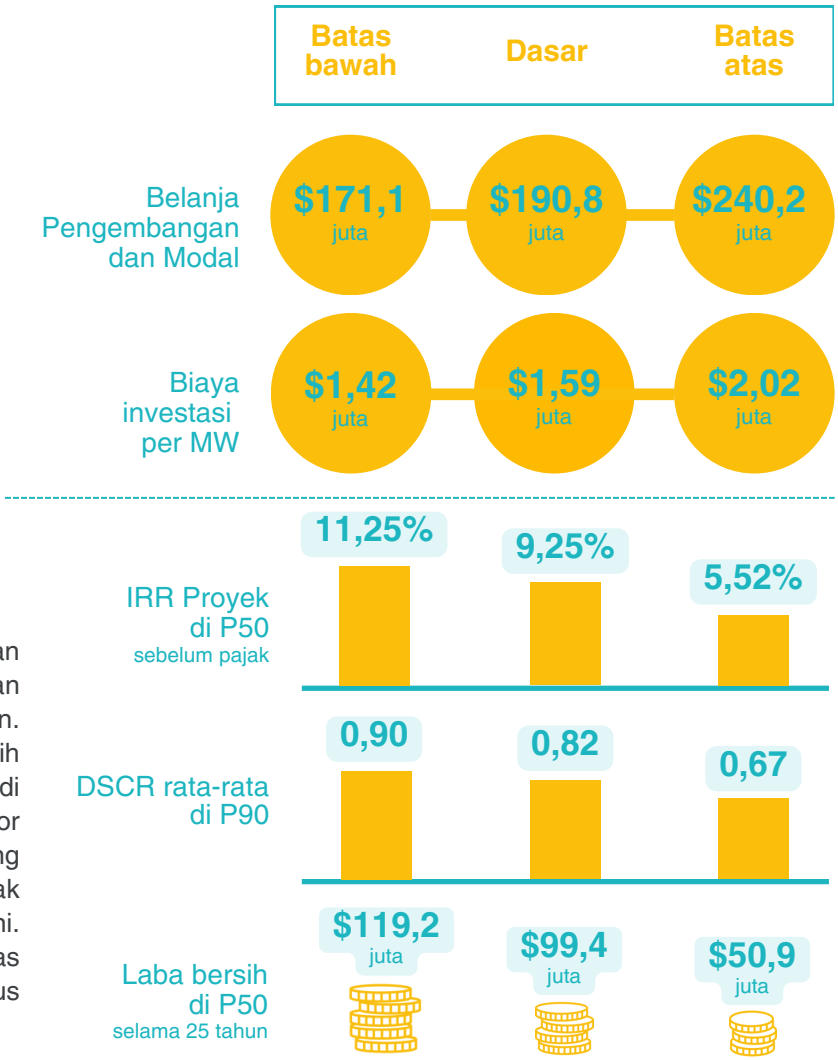
Kasus bisnis

Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $10,49 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

Berdasarkan tarif batas atas (dengan faktor lokasi) dalam Peraturan Presiden 112/2022



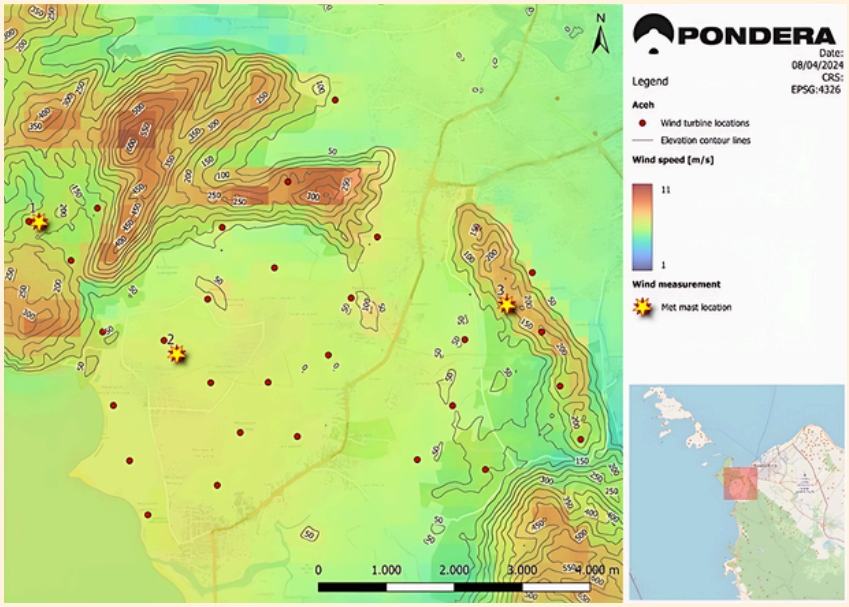
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan dari PLTB di wilayah Aceh Besar perlu ditingkatkan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif rendah (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) di beberapa lokasi turbin, merupakan kontributor signifikan untuk kasus bisnis yang kurang menjanjikan. Mempertimbangkan kembali tata letak lokasi dalam studi lanjutan dapat memperbaiki hal ini. Hasilnya dapat berupa PLTB dengan kapasitas sekitar 50 MW, dengan kemungkinan hasil kasus bisnis yang lebih baik.

Rekomendasi langkah berikutnya

Sumber daya angin

Menempatkan setidaknya tiga (3) tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun untuk mencakup bagian barat laut, tengah, dan timur PLTB



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik tanah yang relevan untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Banda Aceh untuk memudahkan penyambungan jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai masukan untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstands*
- Menganalisis stabilitas tanah dalam kombinasi dengan studi LiDAR untuk pemetaan topografi yang lebih tepat
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan (yang berpotensi) terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan asesmen risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

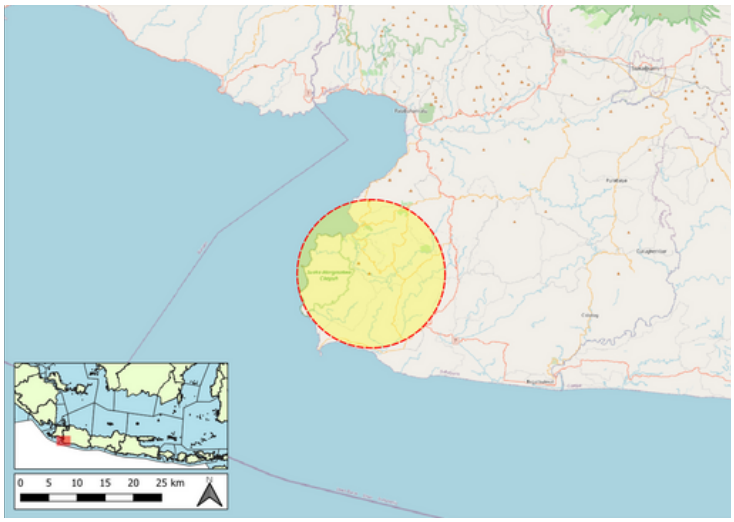
Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa Pelabuhan Malahayati cocok untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Survei logistik yang lebih luas direkomendasikan untuk dilakukan sebagai bagian dari studi kelayakan di masa depan untuk mendapatkan rincian lebih lanjut tentang infrastruktur yang diperlukan

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 400 MW
Ciracap, Jawa Barat

Lokasi dan kebutuhan listrik



PLTB yang dibayangkan ini terletak di Ciracap, Provinsi Jawa Barat. Sistem kelistrikan di provinsi tersebut terhubung dengan jaringan Jawa-Madura-Bali.

Beban puncak di provinsi ini pada 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 3,88% dari 7.712 MW (2020). Potensi energi angin di Sukabumi tercatat sebesar 670 MW di RUPTL PLN 2021-2030.

Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sukabumi 2012-2032, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

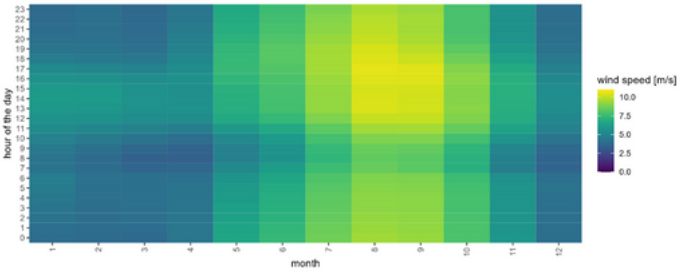
Kawasan Perkebunan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh pihak swasta atau masyarakat. Pengembangan PLTB dapat dilakukan di daerah tersebut jika area tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik tanah.

Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah/Lahan Kering
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat. Pengembangan PLTB dapat dilakukan jika area tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/pembelian dicapai dengan pemilik lahan.

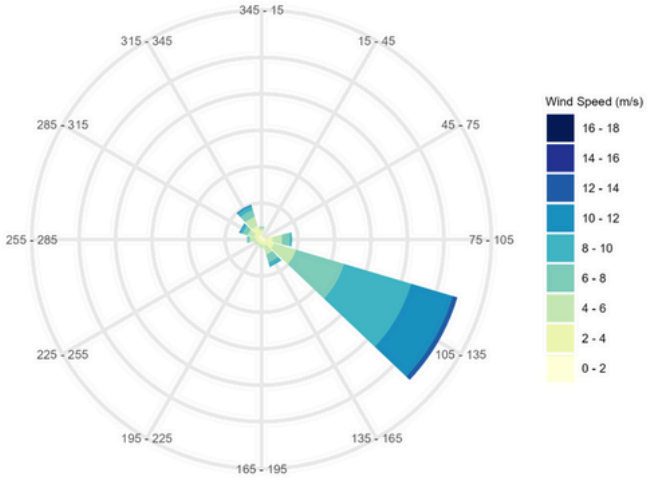
Kawasan Sempadan Sungai / Pantai
Kawasan ini berada di bawah kepemilikan Negara dan dapat digunakan untuk kegiatan kepentingan umum seperti pembangkit listrik.

Kawasan Pemukiman Pedesaan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat setempat. Pembangunan PLTB di lokasi ini dimungkinkan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik lahan.

Karakteristik angin



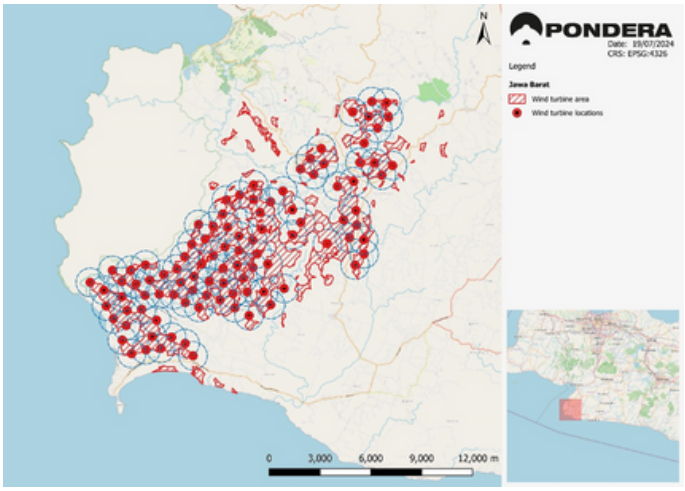
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar berasal dari angin dari arah tenggara. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Mei-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi variasi kecepatan angin antar tahunan.



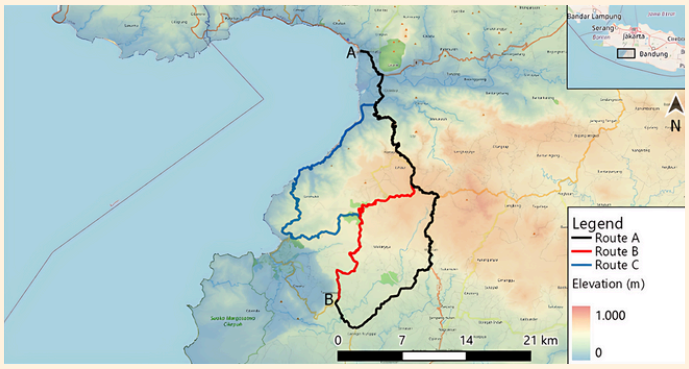
Tata letak PLTB

100
turbin angin

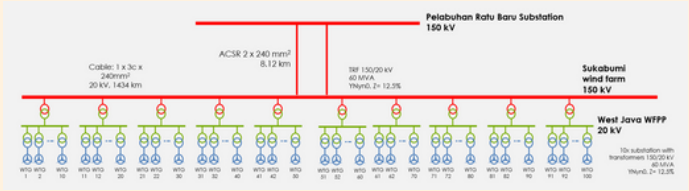
400 MW
total kapasitas terpasang



Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan



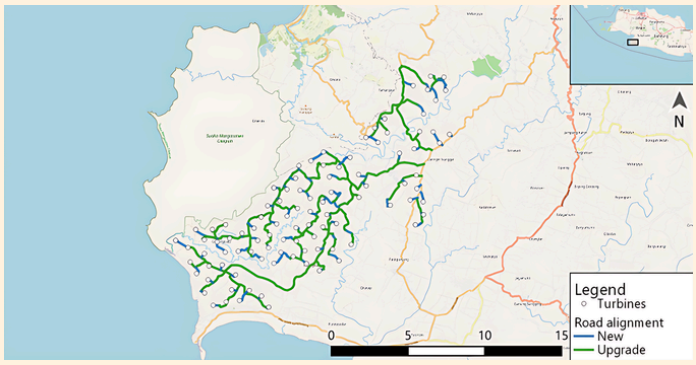
Pelabuhan Perikanan Nusantara Pelabuhan Ratu dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi melalui jalan regional. Beberapa tantangan diperkirakan seperti bukit curam dan jembatan kerangka dari pintu keluar pelabuhan ke lokasi.



Titik terdekat koneksi dengan jaringan yang ada adalah gardu induk PLN Pelabuhan Ratu Baru 150 kV. Dari gardu induk PLN ini ke PLTB, diperlukan saluran transmisi sepanjang 8 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke gardu induk melalui dua puluh gardu PLTB.

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB memiliki risiko kerentanan pergerakan tanah sedang dan berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



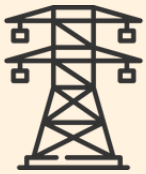
Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun, dan beberapa jalan serta jembatan yang ada harus ditingkatkan di bagian pedesaan.

67 km jalan baru

121 km peningkatan jalan

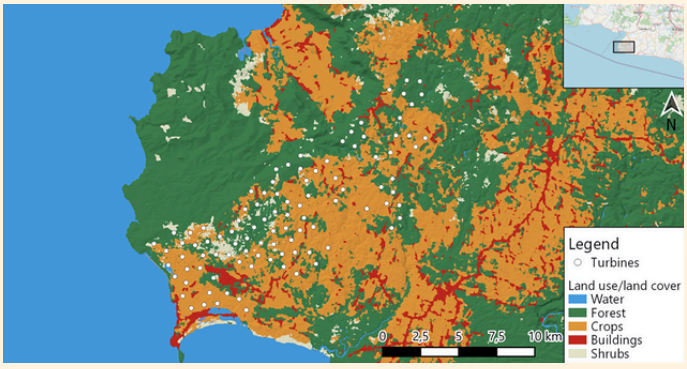
13 jembatan diperkuat

100 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*



22 menara transmisi

1.434 km kabel listrik



Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

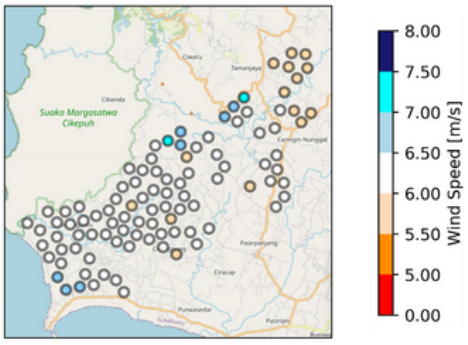
Beberapa spesies hewan dan tumbuhan yang kritis, terancam, rentan, dan hampir terancam diamati di daerah tersebut. Spesies yang kritis termasuk kukang Jawa dan trenggiling Malaya. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan ada di antara pedesaan, dan tujuan wisata. Dampak sosialnya bisa berupa hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan, serta dampak transportasi dan visual.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	100
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	400,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	1,145
Kecepatan angin [m/s]	6,2
Hasil kotor [MWh/th]	1.452.438
Hasil kotor 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 yr) [jam/th]	2.104

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m), adalah antara 5,5 - 7,5 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase kerugian produksi sebesar 22,1% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.

AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (2.829 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 32%.



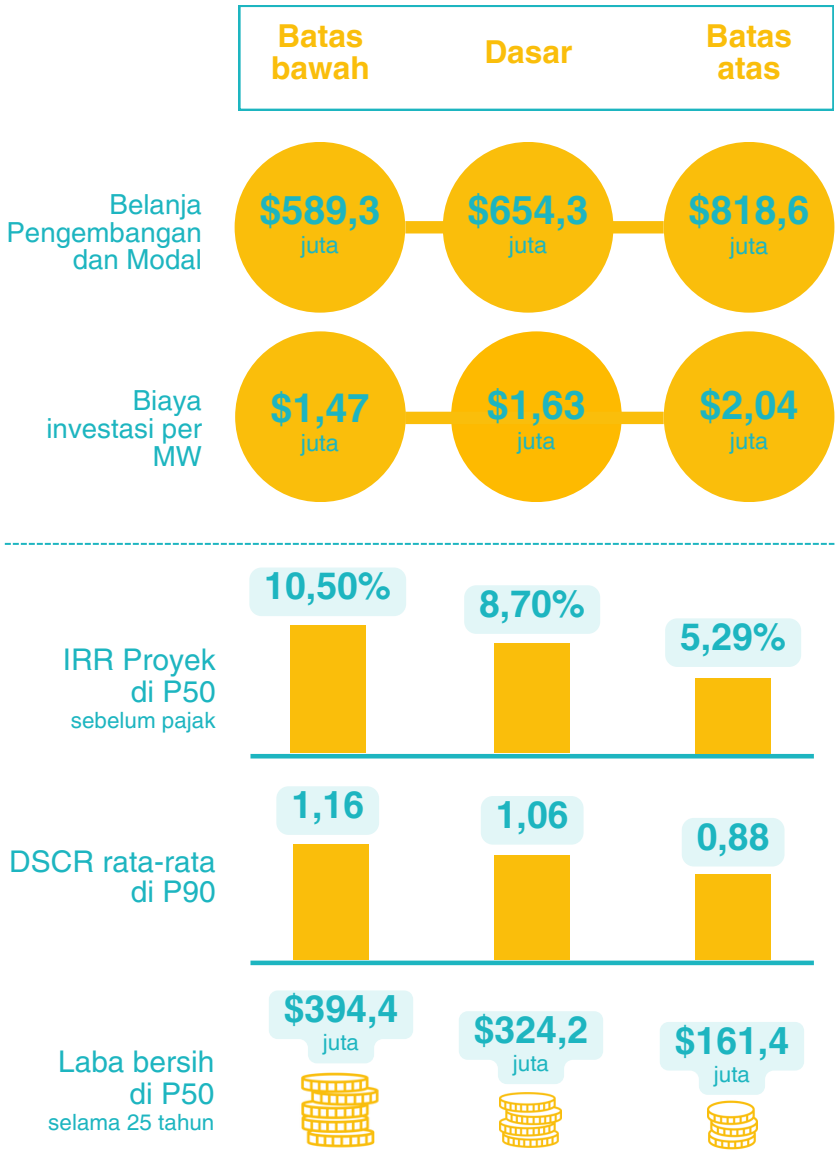
Kasus bisnis

Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $9,54 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

Berdasarkan tarif batas atas (dengan faktor lokasi) dalam Peraturan Presiden 112/2022



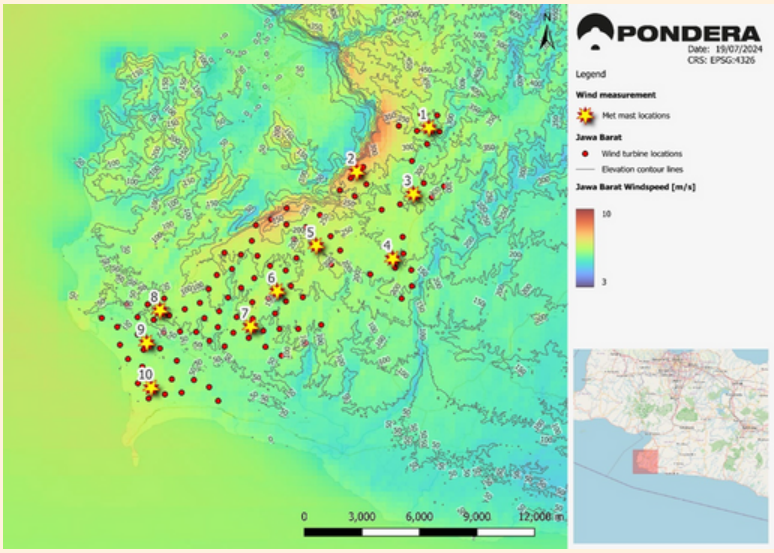
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan PLTB di wilayah Ciracap perlu ditingkatkan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif rendah (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) di beberapa lokasi turbin, merupakan kontributor untuk kasus bisnis yang kurang menjanjikan. Peningkatan dapat dilakukan dalam memilih lokasi turbin angin dengan hasil tertinggi dan biaya terendah. Dalam penilaian selanjutnya ini, biaya untuk infrastruktur yang diperlukan dan pemilihan pelabuhan juga merupakan bagian penting yang harus dipertimbangkan.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Menempatkan setidaknya sepuluh (10) tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun untuk mencakup area PLTB. Pada gambar kanan, ikon kuning menunjukkan posisi global lokasi tiang pengukuran yang direkomendasikan.



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik lahan terkait untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Pelabuhan Ratu Baru untuk memudahkan penyambungan jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai input untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstand*
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diharapkan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan yang (berpotensi) terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan memitigasi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan penilaian risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa pelabuhan perikanan di Pelabuhan Ratu cocok untuk bongkar muat dan penyimpanan komponen turbin angin
- Peningkatan jalan umum dan jembatan yang lebih kecil direkomendasikan untuk dilakukan sebagai bagian dari studi kelayakan di masa depan untuk mendapatkan rincian lebih lanjut tentang infrastruktur yang diperlukan

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 92 MW
Dairi, Sumatra Utara

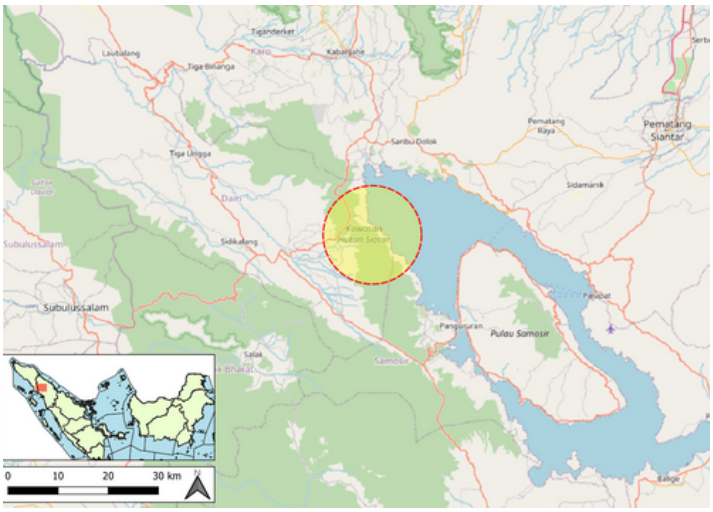
Lokasi dan kebutuhan listrik

PLTB yang dibayangkan ini berlokasi di Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatra Utara. Sistem kelistrikan di provinsi ini terdiri dari jaringan pulau utama dan jaringan Pulau Nias.

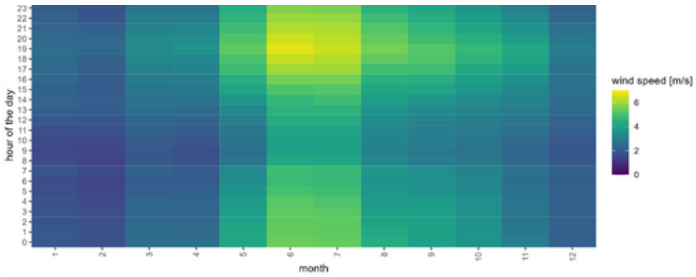
Beban puncak di provinsi ini pada tahun 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata sebesar 5,5% dari 1.883 MW (2020). Potensi energi angin di Sumatra Utara tercatat sebesar 198 MW di RUPTL PLN 2021-2030.

Sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Dairi 2014-2034, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

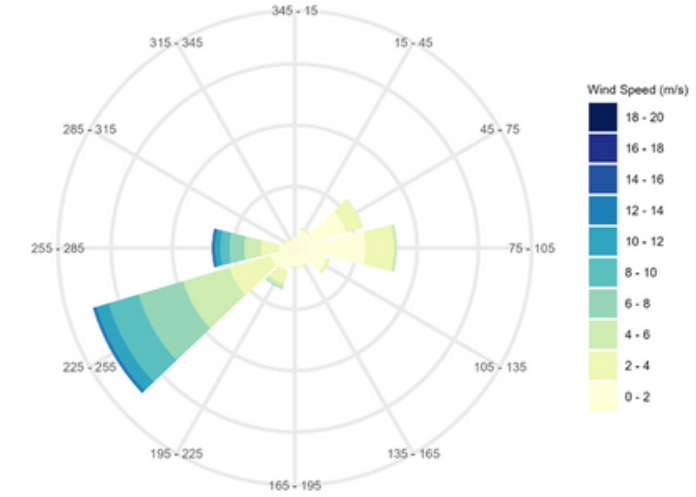
Kawasan Hutan Lindung
Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan Lindung (PPKH) yang akan dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) diperlukan untuk mengembangkan PLTB di kawasan tersebut.



Karakteristik Angin



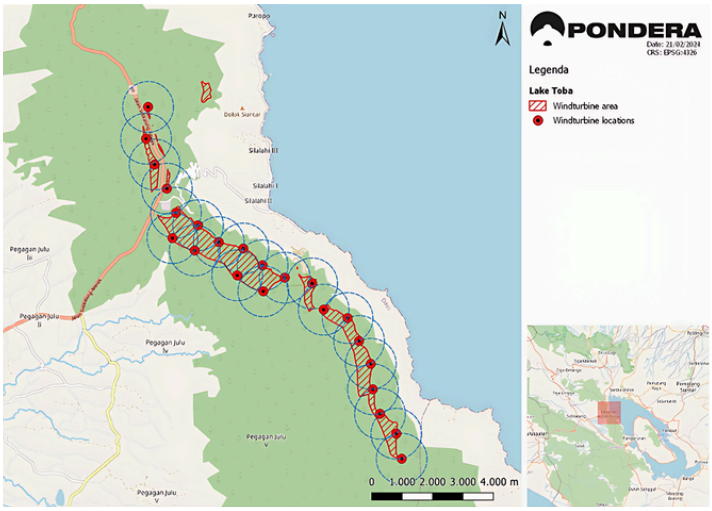
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar terdiri dari angin dari arah barat daya. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Mei-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi kecepatan angin antar tahunan.



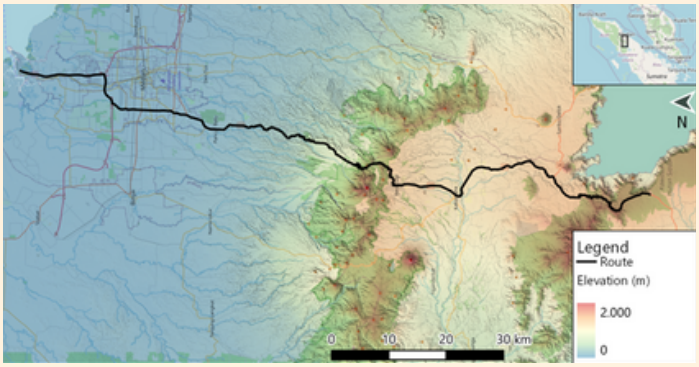
Tata letak PLTB

23
turbin angin

92 MW
total kapasitas terpasang

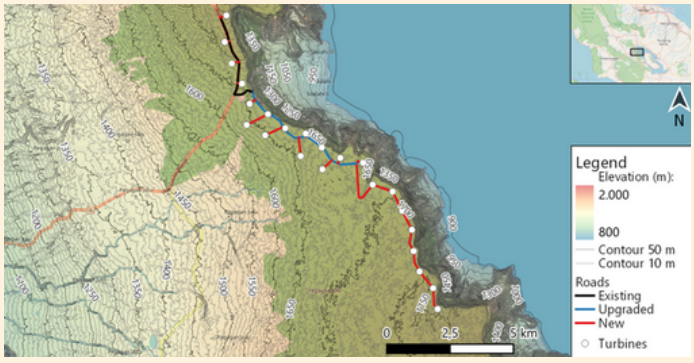


Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan



Pelabuhan Belawan dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi tersedia melalui jalan raya. Tidak ada tantangan yang diperkirakan dari pelabuhan hingga lokasi proyek. Jalan 50 km pertama dari pelabuhan ke lokasi relatif datar, namun setelah itu jalanan naik ke dataran tinggi yang mengelilingi Danau Toba, Kabupaten Dairi.

Titik terdekat koneksi dengan jaringan yang ada adalah gardu induk PLN 150 kV Sidikalang. Diperlukan saluran transmisi sepanjang 19 km dari gardu induk PLN ini ke lokasi PLTB. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan melalui empat gardu induk ke gardu PLTB.



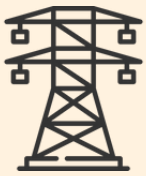
Di dalam lokasi PLTB, sebagian besar rute menanjak dengan tikungan tajam yang terletak di dekat Desa Sibolangit. Satu tikungan sangat sempit dan terletak bersebelahan dengan lokasi ekstraksi air yang dikelola oleh PDAM.

13 km jalan baru

8 km peningkatan jalan

6 jembatan diperkuat

23 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*

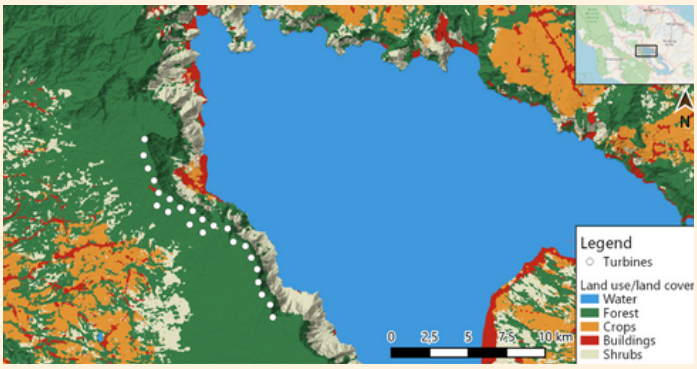


48 menara transmisi

111 km kabel listrik

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB memiliki risiko kerentanan pergerakan tanah rendah hingga menengah dan berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



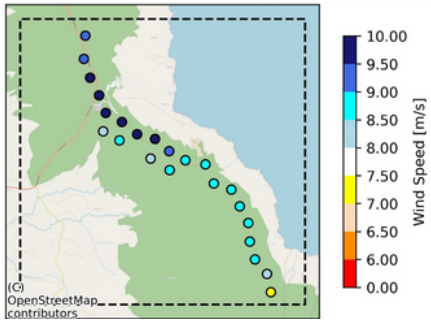
Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

Beberapa spesies hewan yang terancam, rentan dan hampir terancam diamati di daerah tersebut. Spesies yang terancam punah termasuk primata, burung, tumbuhan, dan spesies bunga. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan di area pariwisata, oleh karena itu, keterlibatan pemangku kepentingan sangat penting pada tahap awal pengembangan proyek.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	23
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	92,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	0,986
Kecepatan angin [m/s]	9,0
Hasil kotor [MWh/th]	507.848
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	497.691
P50 [MWh/th]	432.897
P90 (25 th) [MWh/th]	321.941
P50 [jam/th]	4.705
P90 (25 yr) [jam/th]	3.499

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) ada di kisaran 7,0 - 10,0 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase rugi-rugi produksi sebesar 14,8% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.



AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (4.705 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 53%.

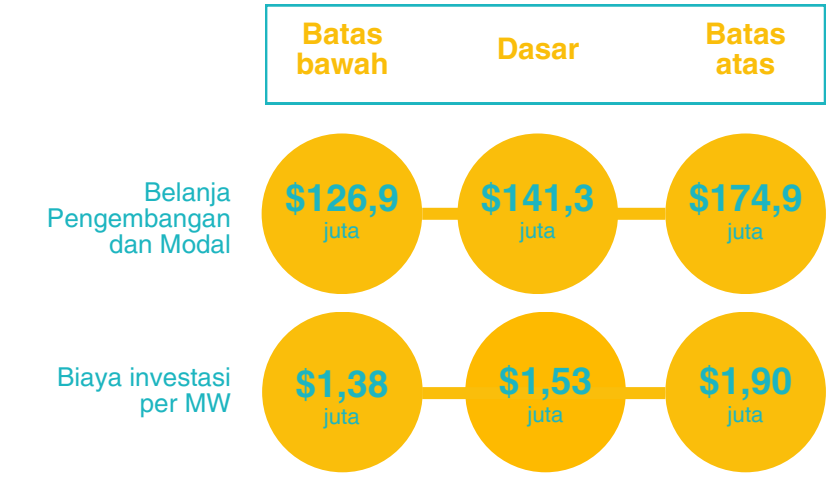
Kasus bisnis

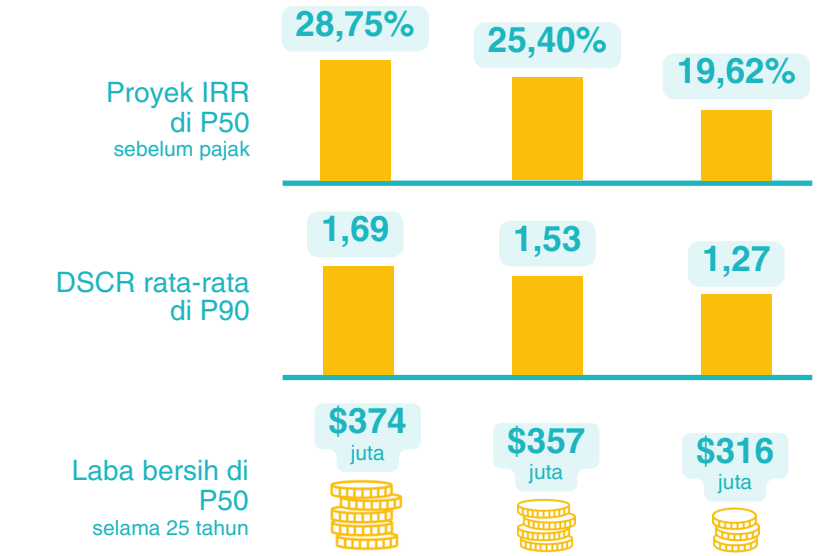
Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $10,49 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

Berdasarkan tarif batas atas Peraturan Presiden 112/2022 (dengan faktor lokasi)





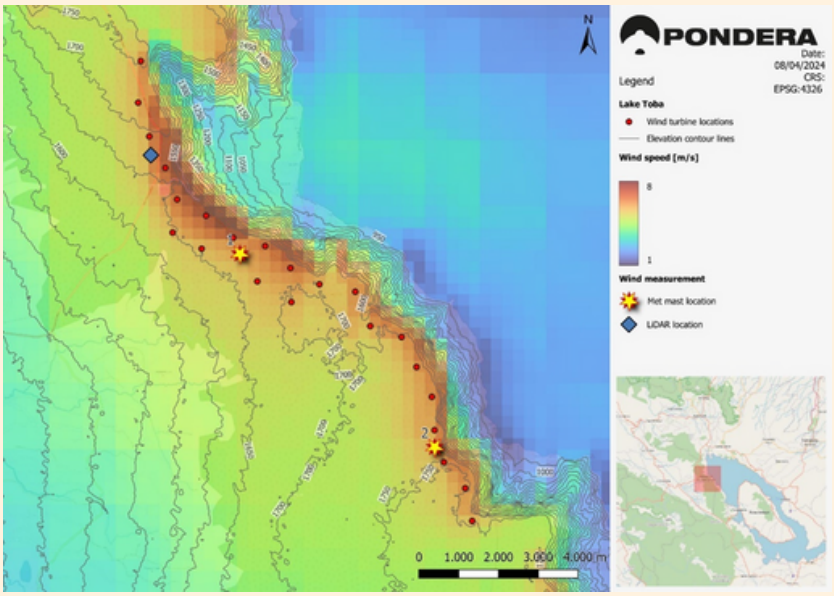
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan hidup tekno-ekonomi secara keseluruhan dari PLTB di Kabupaten Dairi dekat Danau Toba bisa jadi menjanjikan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif tinggi (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) merupakan kontributor signifikan untuk kasus bisnis yang menjanjikan. Selain itu, dataran yang mudah diakses dan jarak yang wajar ke jaringan PLN yang ada dapat menghasilkan kasus bisnis yang menguntungkan dan berpotensi memiliki kelayakan teknis yang baik. Namun, PLTB yang dibayangkan mempunyai risiko yang harus dipertimbangkan oleh pengembang dan investor, khususnya lokasi PLTB di kawasan hutan lindung.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Menempatkan minimal dua (2) tiang pengukuran meteorologis dan satu LiDAR untuk pendataan meliputi bagian tengah, selatan, dan utara PLTB



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik tanah yang relevan untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Sidikalang untuk memudahkan penyambungan jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai masukan untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstands*
- Menganalisis stabilitas tanah dalam kombinasi dengan studi LiDAR untuk pemetaan topografi yang lebih tepat
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan (yang berpotensial) terkena dampak (misalnya dalam pariwisata) di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan asesmen risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa Pelabuhan Belawan cocok untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Penyelarasan dengan otoritas lokal dan PDAM mengenai perbaikan jalan di selatan Merek dan tikungan tajam di selatan Sibolangit
- Survei logistik yang lebih luas direkomendasikan untuk dilakukan sebagai bagian dari studi kelayakan di masa depan untuk mendapatkan rincian lebih lanjut tentang infrastruktur yang diperlukan

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 80 MW
Gunung Kidul, DI Yogyakarta

Lokasi dan kebutuhan listrik

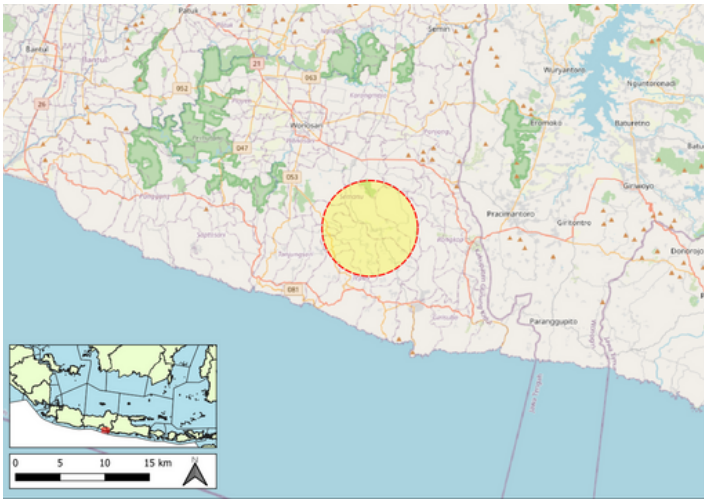
PLTB yang dibayangkan ini terletak di Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi DI Yogyakarta. Sistem kelistrikan di provinsi tersebut terhubung dengan jaringan Jawa-Madura-Bali.

Beban puncak di provinsi ini pada 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 4,88% dari 450 MW (2020). Potensi energi angin di DI Yogyakarta tercatat sebesar 60 MW di RUPTL PLN 2021-2030.

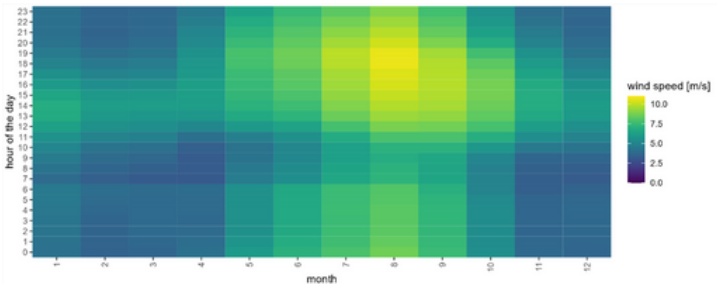
Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gunung Kidul 2010-2030, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering
Kawasan ini kemungkinan dimiliki oleh masyarakat. Pengembangan PLTB di daerah ini memungkinkan jika area tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/pembelian dicapai dengan pemilik lahan.

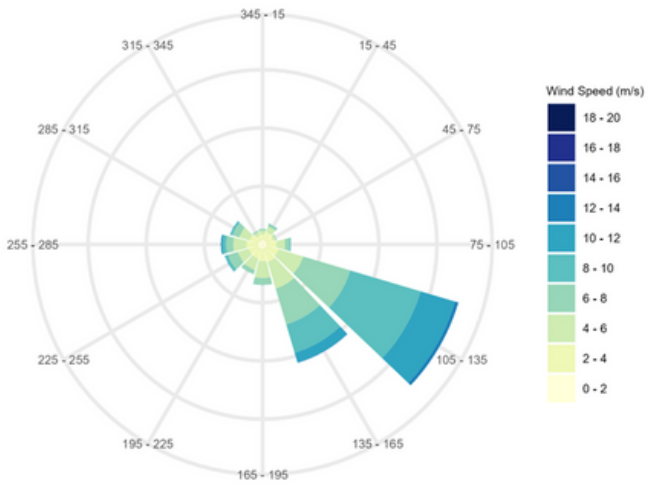
Kawasan Pemukiman
Kawasan ini kemungkinan dimiliki oleh masyarakat setempat. Pembangunan PLTB di lokasi ini memungkinkan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik lahan.



Karakteristik Angin



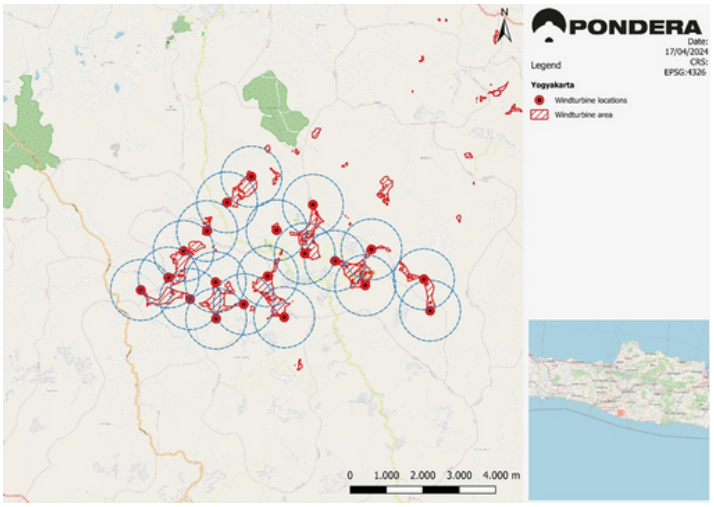
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar berasal dari angin dari arah tenggara. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Juni-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi kecepatan angin antar tahunan.



Tata letak PLTB

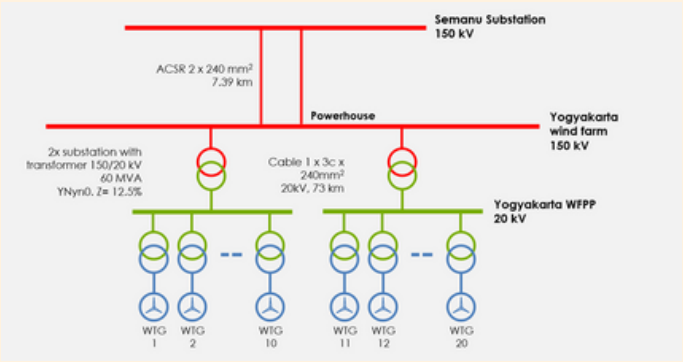
20
turbin angin

80 MW
total kapasitas terpasang



Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan

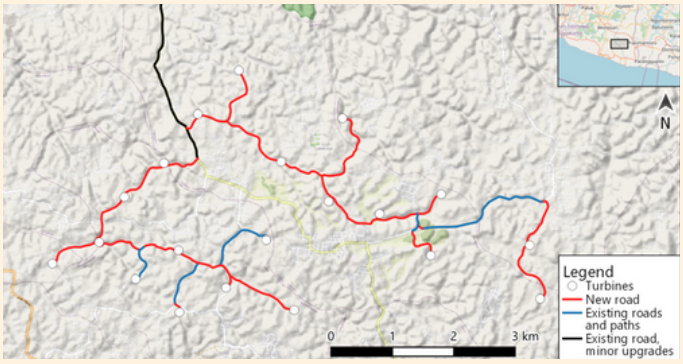
Pelabuhan Semarang dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi tersedia melalui jalan raya/jalan tol. Tidak ada tantangan yang diperkirakan dari pelabuhan hingga tenggara Yogyakarta, dan jalan akan menanjak dataran tinggi setelah itu. Jalan ini memiliki dua tikungan tajam pada pendakian tersebut.



Titik terdekat koneksi ke jaringan yang ada adalah gardu induk Semanu 150 kV PLN. Dari gardu induk PLN ini ke PLTB, diperlukan saluran transmisi sepanjang 7 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke gardu induk melalui dua gardu PLTB.

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB memiliki risiko kerentanan pergerakan lahan yang rendah dan berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun di daerah berbukit dan curam, dan beberapa jalan dan jembatan yang ada harus diperkuat.

18 km jalan baru

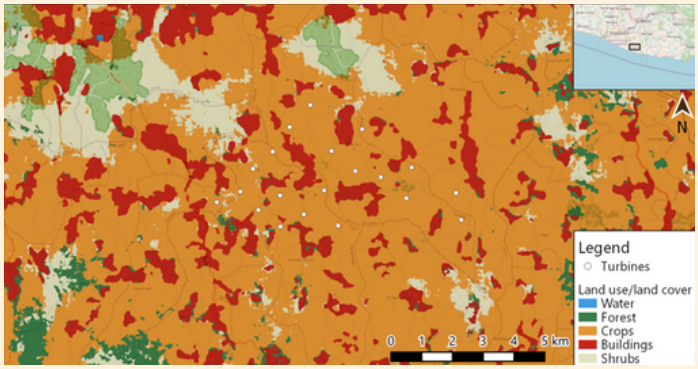
12 km peningkatan jalan

23 jembatan diperkuat

20 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*

21 menara transmisi

73 km kabel listrik



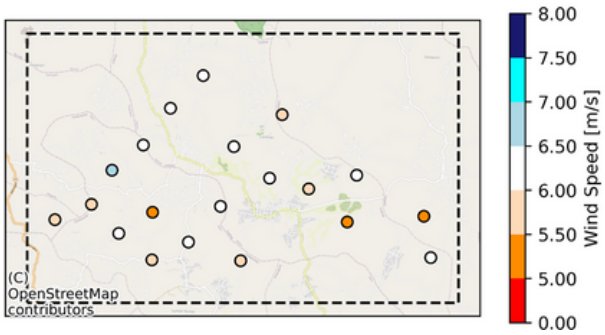
Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

Di kawasan ini, ada satu spesies yang terdaftar dengan status setidaknya 'hampir terancam'. Spesies ini adalah *Javan myna*, yang dikategorikan sebagai rentan. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan di lembah dan / atau perbukitan yang tidak berpenghuni jauh dari desa. Oleh karena itu, dampak sosial terutama terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan, dan dampak transportasi dan visual.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	20
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	80,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	1,129
Kecepatan angin [m/s]	6,0
Hasil kotor [MWh/th]	263.586
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	251.048
P50 [MWh/th]	218.339
P90 (25 th) [MWh/th]	188.885
P50 [jam/th]	2.729
P90 (25 yr) [jam/th]	2.361

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan, pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) berkisar antara 5,0 - 7,0 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase rugi-rugi produksi sebesar 17,2% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.



AEP neto dihitung dengan mengurangi kerugian produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (2.729 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 31%.

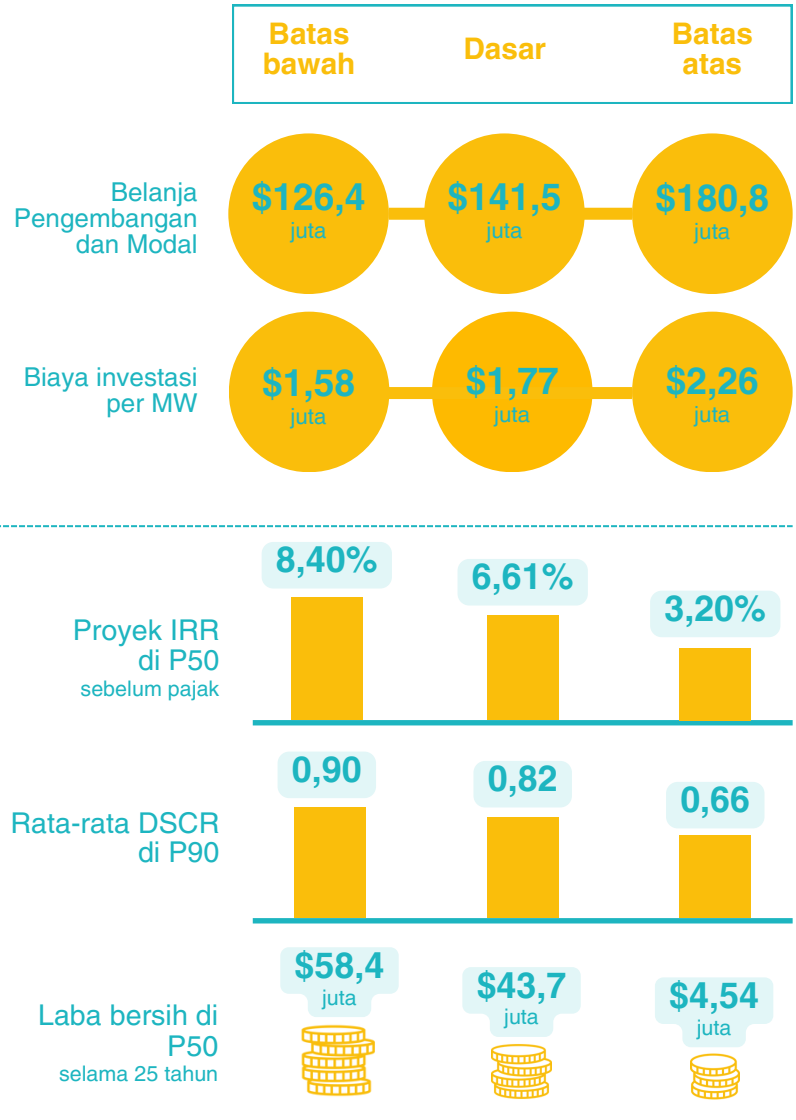
Kasus bisnis

Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $9,54 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

**Berdasarkan tarif batas atas Peraturan Presiden 112/2022 (dengan faktor lokasi)*



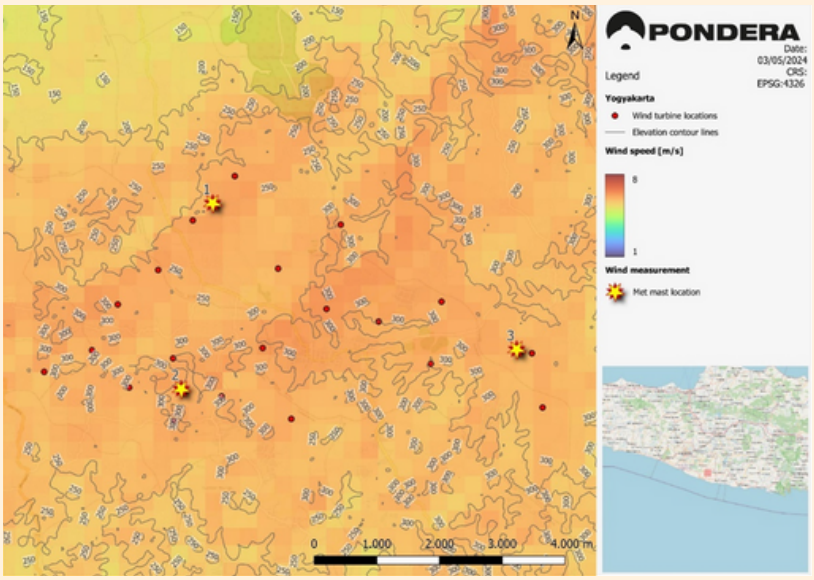
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan PLTB di wilayah Gunung Kidul memerlukan peningkatan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif rendah (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) di sebagian besar lokasi turbin, merupakan kontributor untuk kasus bisnis yang kurang menjanjikan. Mempertimbangkan kembali tata letak lokasi selama studi lanjutan dapat meningkatkan hal ini. Hal ini dapat menghasilkan ukuran PLTB sekitar 30-40 MW, dengan kemungkinan hasil kasus bisnis yang lebih baik.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Menempatkan setidaknya tiga (3) tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun. Ikon kuning pada gambar kanan menunjukkan posisi global lokasi tiang pengukuran yang direkomendasikan.



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Pendekatan terhadap pemilik tanah terkait tentang kemungkinan mencapai kesepakatan atas lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Semanu untuk memfasilitasi koneksi jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai masukan untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstands*
- Menganalisis stabilitas tanah dalam kombinasi dengan studi LiDAR untuk pemetaan topografi yang lebih tepat
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan (yang berpotensi) terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan asesmen risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

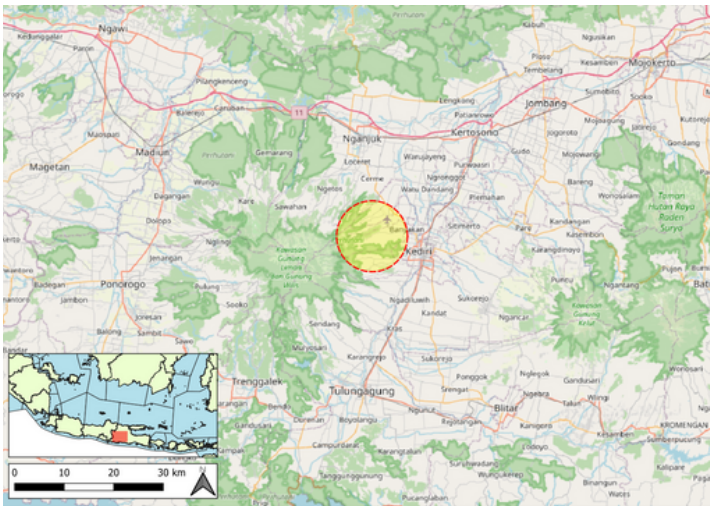
Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa Pelabuhan Semarang cocok untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Survei logistik yang lebih luas direkomendasikan untuk dilakukan sebagai bagian dari studi kelayakan di masa depan untuk mendapatkan rincian lebih lanjut tentang infrastruktur yang diperlukan

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 192 MW
Kediri, Jawa Timur

Lokasi dan kebutuhan listrik



PLTB yang dibayangkan ini berlokasi di Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur. Sistem kelistrikan di provinsi tersebut terhubung dengan jaringan Jawa-Madura-Bali.

Beban puncak di provinsi ini pada 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 3,7% dari 5.935 MW (2020). Potensi energi angin di Jawa Timur tercatat sebesar 331 MW dalam RUPTL PLN 2021-2030.

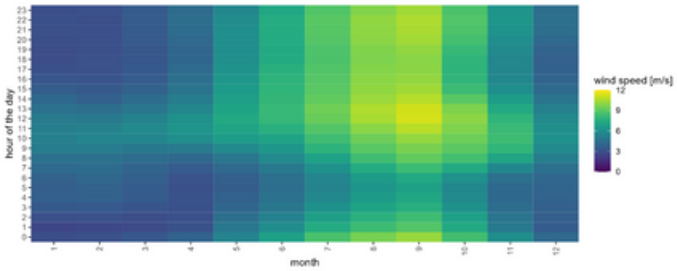
Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Kediri 2011-2031, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

Kawasan Perkebunan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh pihak swasta atau masyarakat setempat. Pengembangan PLTB dimungkinkan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik lahan.

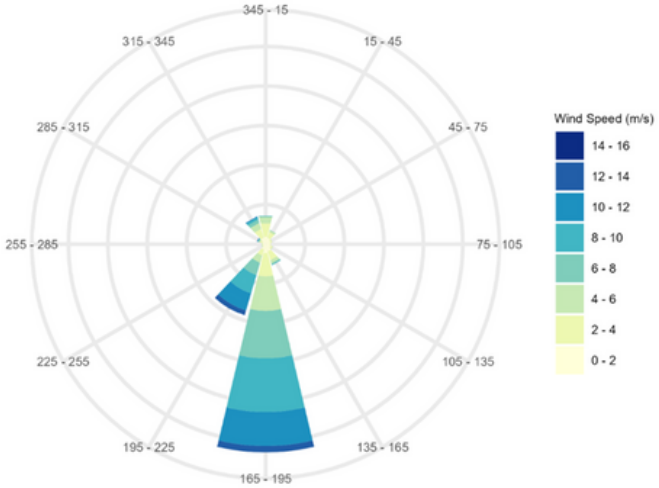
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat, perusahaan swasta, atau badan usaha milik negara. Pengembangan PLTB di daerah ini dimungkinkan jika kawasan tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/pembelian dicapai dengan pemilik lahan.

Kawasan Permukiman Perkotaan
Kawasan ini kemungkinan dimiliki oleh masyarakat setempat. Pembangunan PLTB di lokasi ini dimungkinkan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik lahan.

Karakteristik Angin



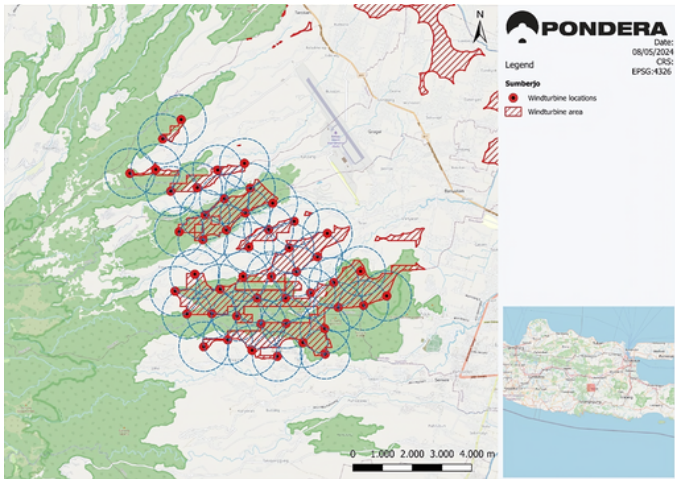
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar terdiri dari angin dari arah selatan. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Juni-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi variasi kecepatan angin antar tahunan.



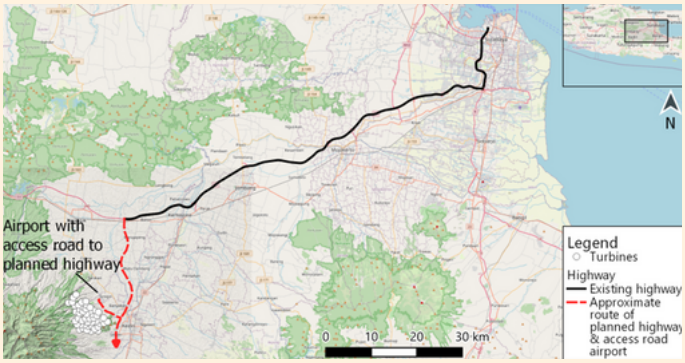
Tata letak PLTB

48
turbin angin

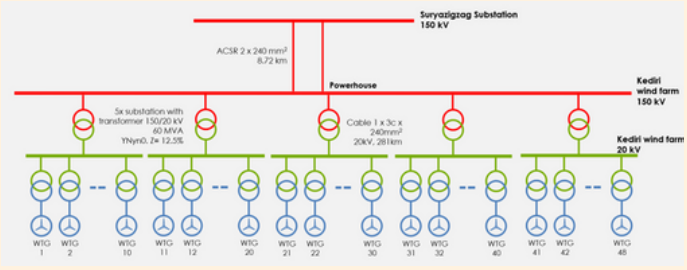
192 MW
total kapasitas terpasang



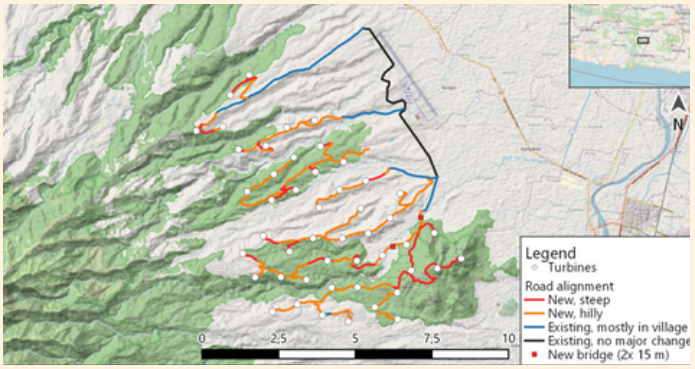
Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan



Pelabuhan Surabaya dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi tersedia melalui jalan raya/jalan tol. Tidak ada tantangan yang diperkirakan dari pelabuhan hingga 25 km di utara lokasi. Jalan tol yang direncanakan hingga Kediri sedang dalam tahap persiapan.



Titik terdekat koneksi dengan jaringan yang ada adalah gardu induk Surya Zig Zag 150 kV PLN. Dari gardu induk PLN ini ke PLTB, diperlukan saluran transmisi sepanjang 9 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke gardu induk melalui lima gardu PLTB.



Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun, dan beberapa jalan serta jembatan yang ada harus diperkuat.

59 km jalan baru

11 km peningkatan jalan

6 jembatan diperkuat

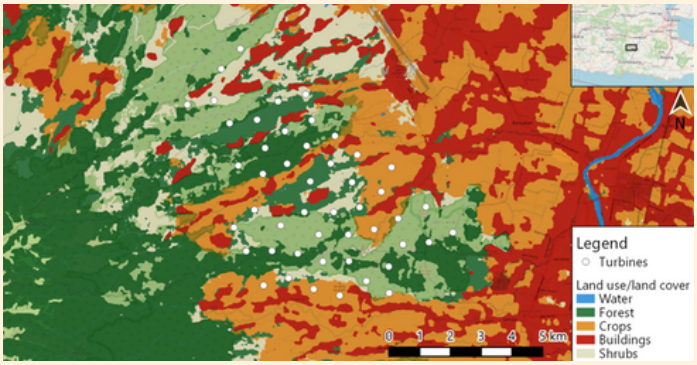
48 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*

25 menara transmisi

281 km kabel listrik

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB memiliki risiko kerentanan pergerakan tanah yang sedang dan berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



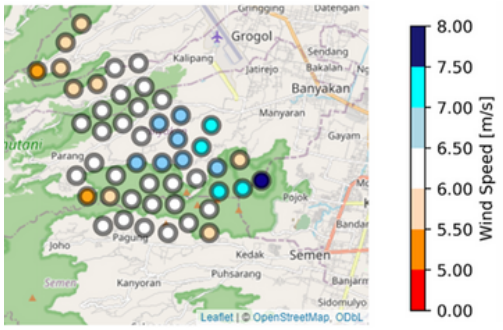
Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

Beberapa spesies hewan dan tumbuhan yang kritis, terancam, rentan, dan hampir terancam diamati di daerah tersebut. Salah satu spesies hewan ini adalah *blue-banded kingfisher* yang bersifat kritis. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan di lembah dan / atau perbukitan yang tidak berpenghuni jauh dari desa. Oleh karena itu, dampak sosialnya terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan, dampak transportasi dan visual.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	48
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	192,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	0,986
Kecepatan angin [m/s]	6,3
Hasil kotor [MWh/th]	652.994
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	603.366
P50 [MWh/th]	519.135
P90 (25 th) [MWh/th]	386.075
P50 [jam/th]	2.704
P90 (25 yr) [jam/th]	2.011

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) berkisar antara 5,0 - 8,0 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase kerugian produksi sebesar 20,5% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.



AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (2.704 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 31%.

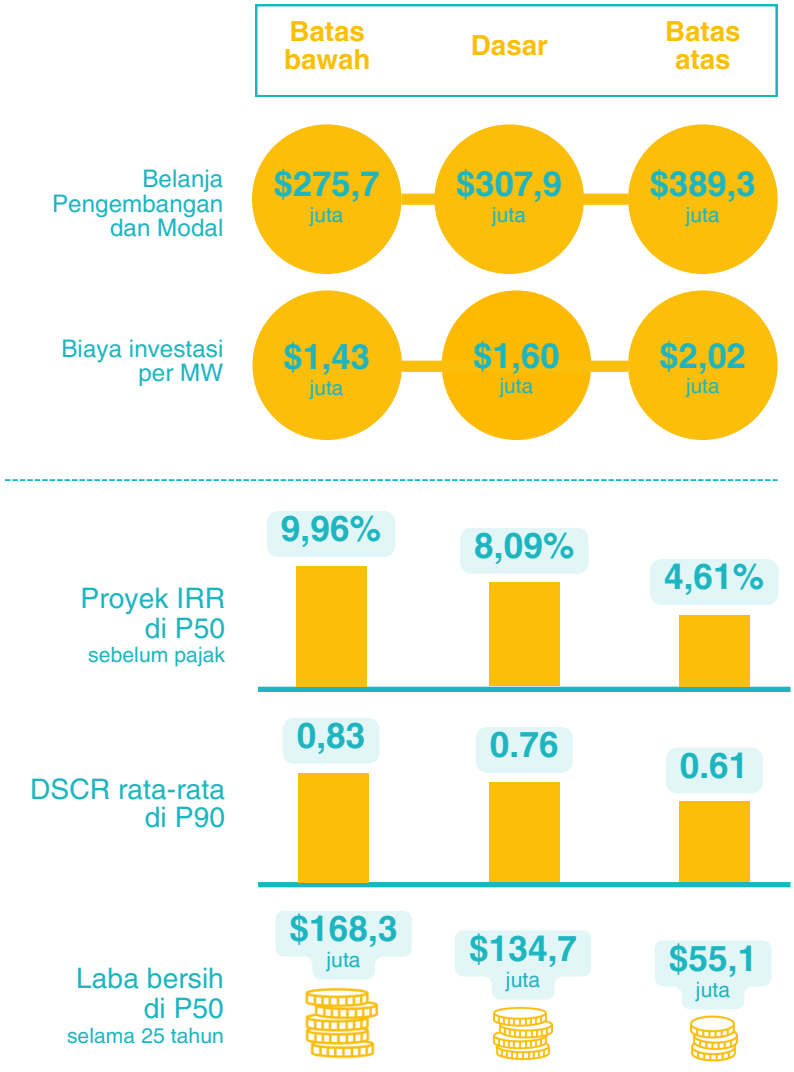
Kasus bisnis

Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $9,54 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

*Berdasarkan tarif batas atas Peraturan Presiden *112/2022 (dengan faktor lokasi)*



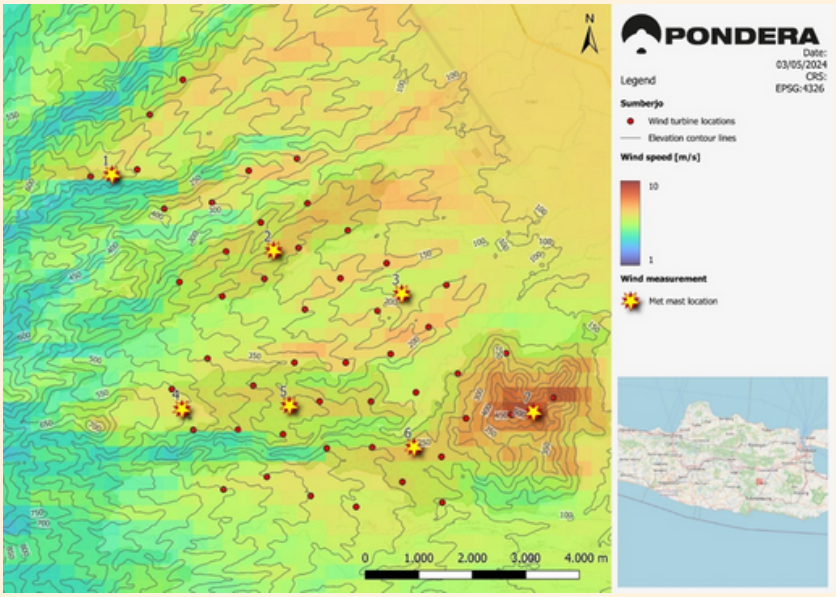
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan PLTB di wilayah Kediri memerlukan peningkatan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif rendah (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) di beberapa lokasi turbin, merupakan kontributor untuk kasus bisnis yang kurang menjanjikan. Mempertimbangkan kembali tata letak lokasi selama studi lanjutan dapat meningkatkan hal ini. Hasilnya dapat menghasilkan ukuran PLTB sekitar 120-150 MW, dengan kemungkinan hasil kasus bisnis yang lebih baik.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Menempatkan setidaknya tujuh (7) tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun. Ikon kuning pada gambar kanan menunjukkan posisi global lokasi tiang pengukuran yang direkomendasikan.



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik lahan terkait untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Surya Zig Zag untuk memudahkan penyambungan jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai masukan untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstand*
- Menganalisis studi stabilitas tanah untuk pemetaan topografi yang lebih tepat
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan (yang berpotensi) terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan asesmen risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

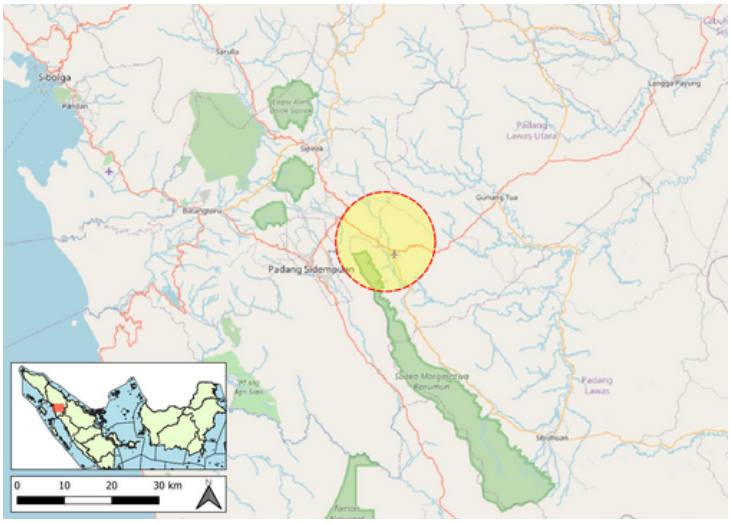
Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa Pelabuhan Surabaya cocok untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Survei logistik yang lebih luas direkomendasikan untuk dilakukan sebagai bagian dari studi kelayakan di masa depan untuk mendapatkan rincian lebih lanjut tentang infrastruktur yang diperlukan

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 312 MW
Padang Lawas Utara - Tapanuli Selatan, Sumatra Utara

Lokasi dan kebutuhan listrik



PLTB yang dibayangkan ini terletak di Kabupaten Padang Lawas Utara dan Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatra Utara. Sistem kelistrikan di provinsi ini terdiri dari jaringan pulau utama dan jaringan Pulau Nias.

Beban puncak di provinsi ini pada tahun 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata sebesar 5,5% dari 1.883 MW (2020). Potensi energi angin di Sumatra Utara tercatat sebesar 198 MW di RUPTL PLN 2021-2030.

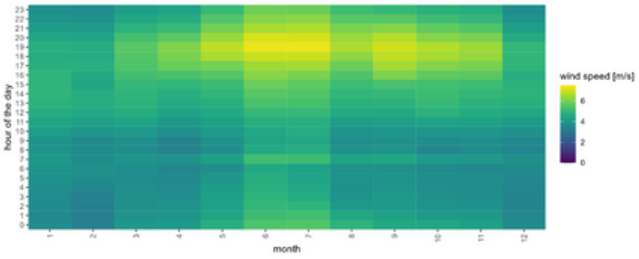
Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Sumatra Utara 2017-2037, Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Padang Lawas Utara 2015-2035, dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tapanuli Selatan 2017-2037, PLTB yang dibayangkan berada di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

Kawasan Hutan Produksi
Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan (PPKH) yang akan dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan diperlukan untuk mengembangkan PLTB di daerah tersebut.

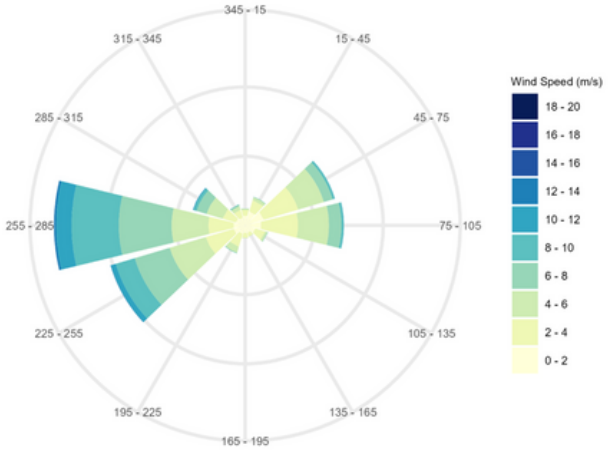
Kawasan Hutan Produksi (Terbatas)
Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan (PPKH) yang akan dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan diperlukan untuk mengembangkan PLTB di daerah tersebut.

Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat. Pengembangan PLTB dapat dilakukan jika wilayah tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan perjanjian sewa/pembelian dicapai dengan pemilik lahan.

Karakteristik Angin



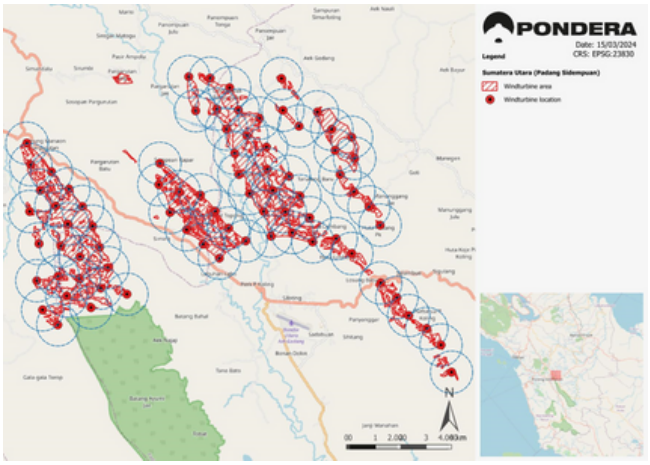
Iklim angin di wilayah tersebut sebagian besar berasal dari angin dari arah barat. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Mei-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi kecepatan angin antar tahunan.



Tata letak PLTB

78
turbin angin

312 MW
total kapasitas terpasang



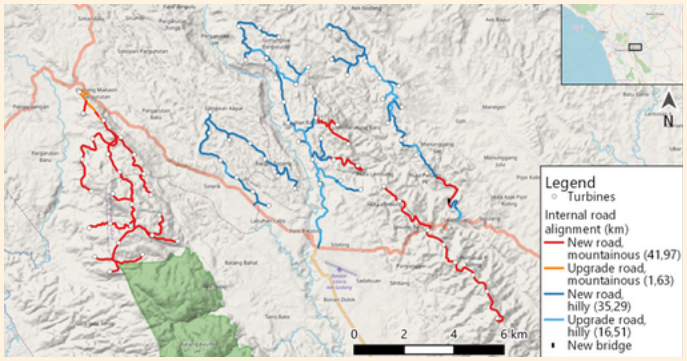
Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan

Pelabuhan Dumai dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi tersedia melalui jalan regional (dibandingkan dengan rute yang lebih pendek tetapi lebih banyak tantangan dari Pelabuhan Sibolga). Namun, beberapa tantangan hadir di rute yang dipilih, termasuk tikungan tajam di daerah pegunungan. Finalisasi Bagian 8 jalan tol Rantauprapat-Dumai sangat penting untuk transportasi ke lokasi.

Titik terdekat koneksi dengan jaringan yang ada adalah gardu induk PLN 150 kV Padang Sidempuan. Dari gardu induk PLN ini ke gardu PLTB, diperlukan jalur transmisi sepanjang 15 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke pembangkit listrik melalui delapan gardu PLTB.

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB ini memiliki risiko kerentanan pergerakan tanah sedang hingga tinggi dan berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun di daerah datar-berbukit dan curam. Beberapa jalan dan jembatan yang ada harus ditingkatkan.

77 km jalan baru

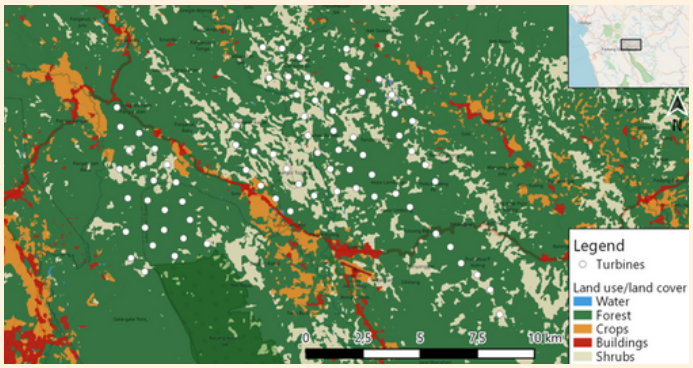
18 km peningkatan jalan

8 jembatan diperkuat

78 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*

44 menara transmisi

538 km kabel listrik



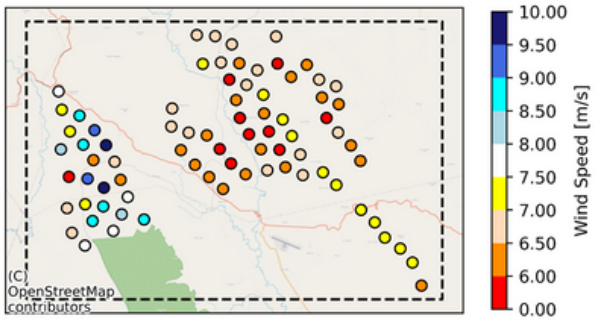
Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

Satu spesies tanaman yang hampir terancam diamati di daerah tersebut, yaitu *Orania sylvicola*. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan di daerah yang jarang penduduknya, dan oleh karena itu dampak sosialnya terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan, dan dampak transportasi dan visual.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	78
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	312,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	1,129
Kecepatan angin [m/s]	6,9
Hasil kotor [MWh/th]	1.183.369
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	1.055.565
P50 [MWh/th]	918.143
P90 (25 th) [MWh/th]	682.813
P50 [jam/th]	2.943
P90 (25 yr) [jam/th]	2.189

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) berkisar antara 6,0 - 9,0 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase kerugian produksi sebesar 22,4% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.



AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (2.943 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 34%.

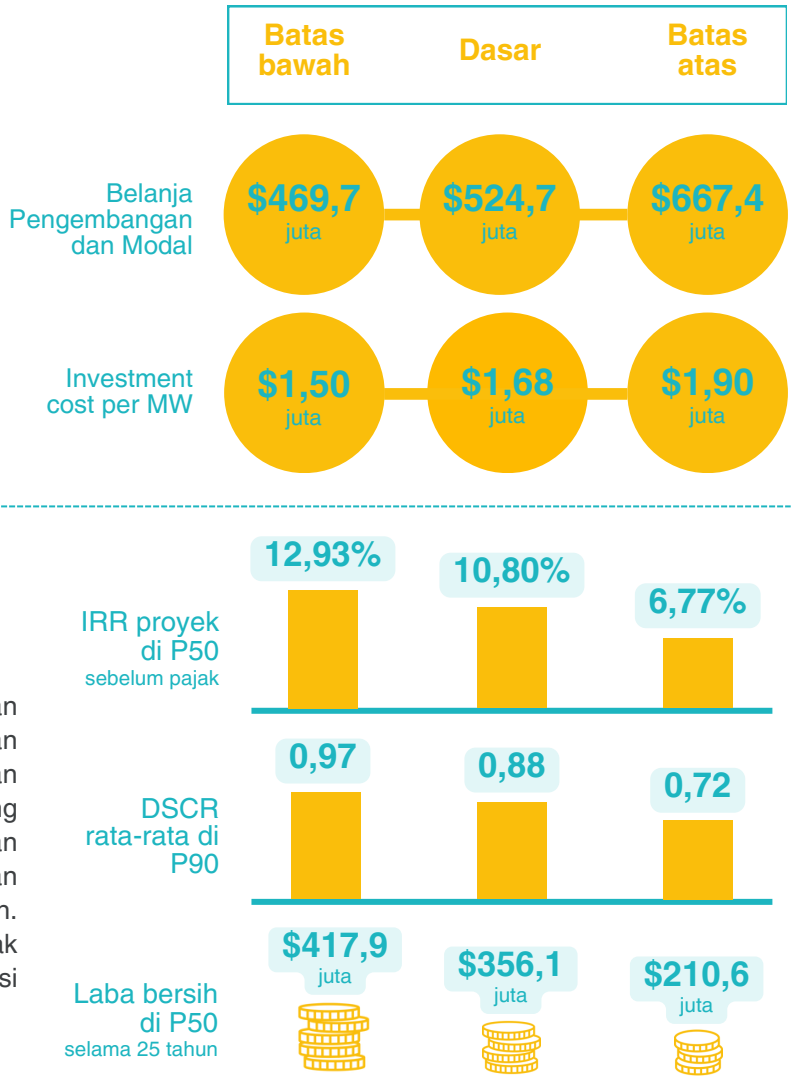
Kasus bisnis

Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $10,49 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

Berdasarkan tarif batas atas (dengan faktor lokasi) dalam Peraturan Presiden 112/2022



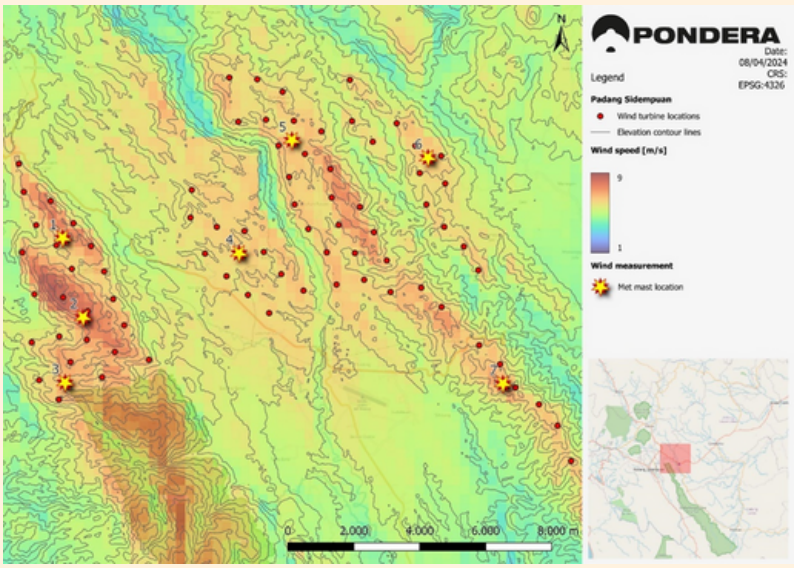
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan dari PLTB di Padang Lawas Utara - Tapanuli Selatan relatif menjanjikan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif tinggi (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) di beberapa lokasi turbin angin, merupakan kontributor untuk kasus bisnis yang relatif menjanjikan. Penghematan biaya melalui optimalisasi tata letak PLTB dan meminimalkan kebutuhan untuk akuisisi lahan sangat penting.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Tempatkan setidaknya tujuh (7) tiang pengukuran untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun untuk mencakup bagian selatan, tengah, dan utara dari PLTB



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik lahan terkait untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Padang Sidempuan untuk memudahkan koneksi jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai masukan untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstand*
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan (potensial) yang terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan memitigasi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan penilaian risiko dan langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

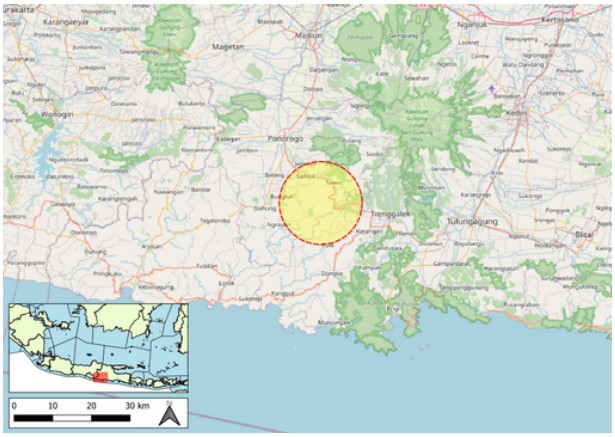
Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa pelabuhan di Dumai cocok untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Melakukan studi LiDAR pada topografi dan menentukan dimensi jembatan/viaduk untuk menentukan rute transportasi dan tata letak infrastruktur yang optimal
- Menentukan kekuatan jembatan yang dikombinasikan dengan jalan tikungan tajam yang ada di dekat Aek Sihapas secara teknis dapat dilakukan(~1,5 km barat laut Bandara Aek Godang)

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 200 MW
Ponorogo, Jawa Timur

Lokasi dan kebutuhan listrik



PLTB yang dibayangkan ini berlokasi di Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur. Sistem kelistrikan di provinsi tersebut terhubung dengan jaringan Jawa-Madura-Bali.

Beban puncak di provinsi ini pada 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 3,7% dari 5.935 MW (2020). Potensi energi angin di Jawa Timur tercatat sebesar 331 MW dalam RUPTL PLN 2021-2030.

Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Ponorogo 2012-2031, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

Kawasan Perkebunan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh pihak swasta atau masyarakat. Pengembangan PLTB dapat dilakukan di daerah tersebut jika area tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik tanah.

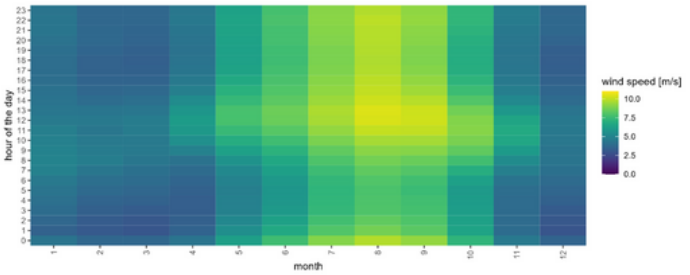
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat, perusahaan swasta, atau perusahaan BUMN. Pengembangan PLTB dapat dilakukan jika kawasan tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik lahan.

Kawasan Sempadan Sungai
Kawasan ini berada di bawah kepemilikan Pemerintah atau masyarakat. Pengembangan PLTB ini dapat dilakukan jika kawasan tersebut bukan bagian dari kawasan konservasi, dan jika pengembangan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

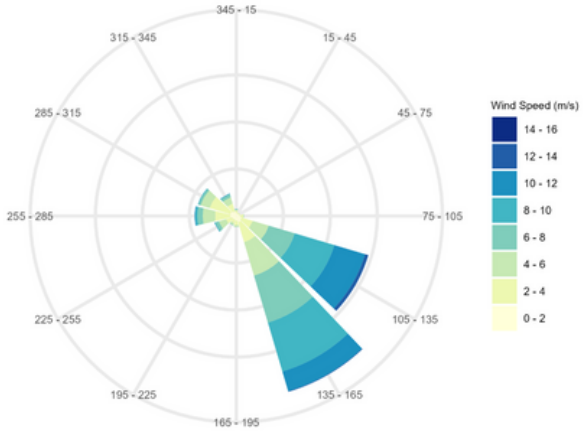
Kawasan Padang Rumput/Semak
Kawasan ini berada di bawah kepemilikan Pemerintah atau masyarakat. Pengembangan PLTB di kawasan ini dapat dilakukan jika kawasan tersebut bukan bagian dari kawasan konservasi, dan jika pengembangan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Kawasan Permukiman Perkotaan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh masyarakat setempat. Pembangunan PLTB di lokasi ini dapat dilakukan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik lahan.

Karakteristik angin



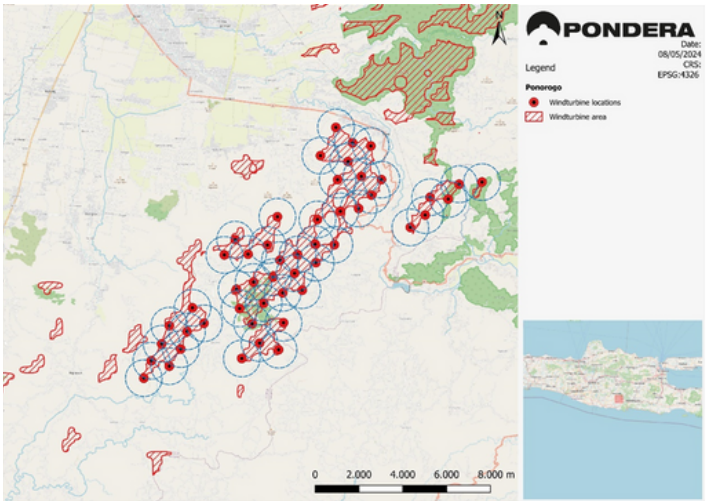
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar berasal dari angin dari arah tenggara. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Mei-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi kecepatan angin antar tahunan.



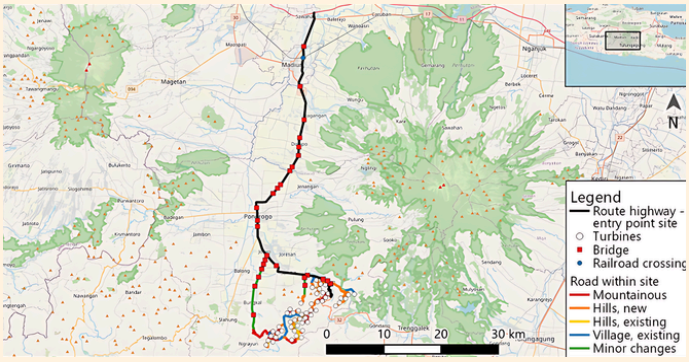
Tata letak PLTB

50
turbin angin

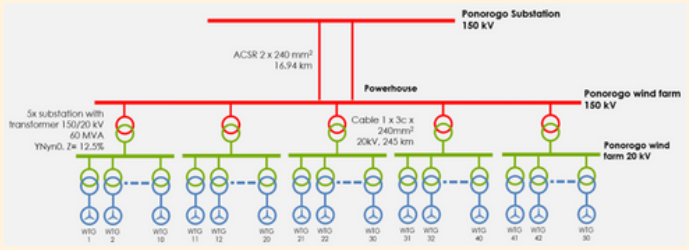
200 MW
total kapasitas terpasang



Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan



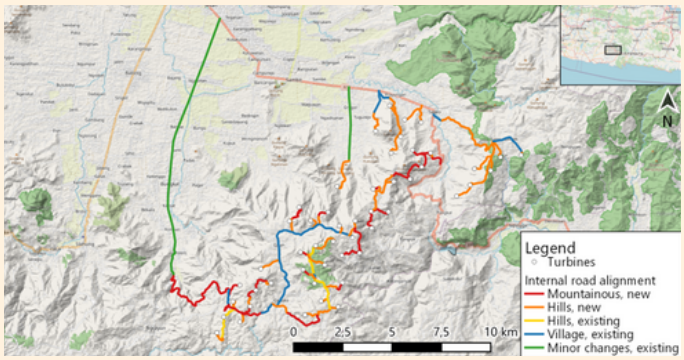
Pelabuhan Surabaya dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi tersedia melalui jalan raya dan jalan regional. Tidak ada tantangan yang diperkirakan dari jalan tol hingga keluar dari jalan raya Madiun. Namun, ketika melintasi Ponorogo, ada sejumlah jembatan yang perlu diperkuat.



Titik terdekat koneksi ke jaringan yang ada adalah gardu induk PLN 150 kV Ponorogo. Dari gardu induk PLN ini ke PLTB, diperlukan saluran transmisi sepanjang 17 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke gardu induk melalui lima gardu PLTB.

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB memiliki risiko kerentanan pergerakan tanah menengah hingga tinggi dan berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat. Desain fondasi harus menggabungkan langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



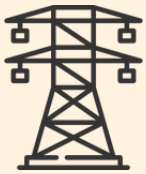
Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun di daerah datar-berbukit dan curam, dan beberapa jalan dan jembatan yang ada harus ditingkatkan.

74 km jalan baru

13 km peningkatan jalan

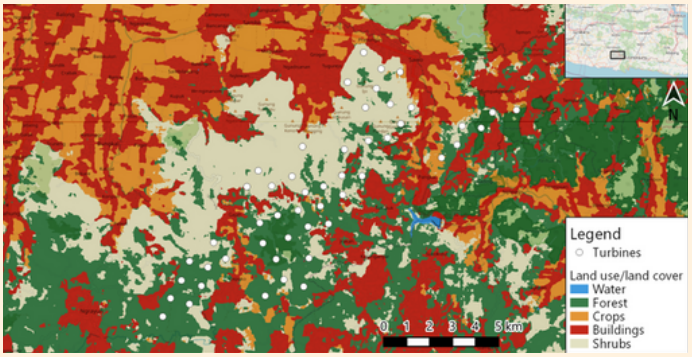
28 jembatan diperkuat

50 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*



46 menara transmisi

245 km kabel listrik



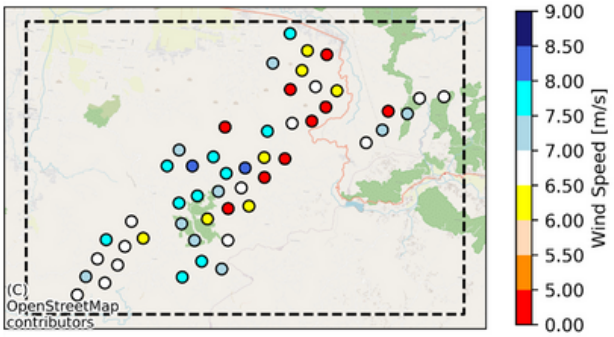
Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

Satu spesies tanaman yang terancam diamati di daerah tersebut, yaitu *Myristica teysmannii*. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang direncanakan jauh dari desa, oleh karena itu, dampak sosialnya terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan, dan dampak transportasi dan visual. Namun, pembangunan jalan dapat sangat meningkatkan aksesibilitas bagi masyarakat setempat.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	50
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	92,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	1,150
Kecepatan angin [m/s]	6,8
Hasil kotor [MWh/th]	709.922
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	655.968
P50 [MWh/th]	564.393
P90 (25 th) [MWh/th]	419.733
P50 [jam/th]	2.940
P90 (25 yr) [jam/th]	2.186

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) berkisar antara 5,0 - 8,5 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase kerugian produksi sebesar 20,5% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.



AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan memasukkan ketidakpastian 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (2.940 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 34%.

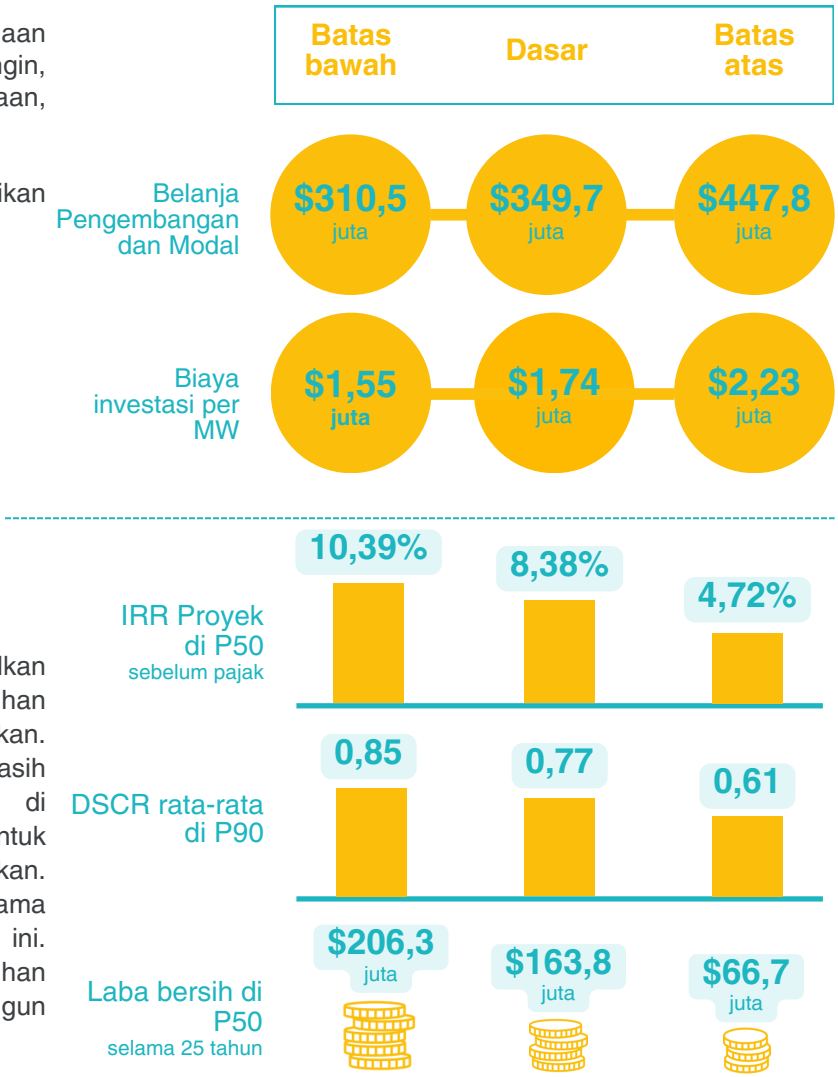
Kasus bisnis

Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $9,54 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

Berdasarkan tarif batas atas (dengan faktor lokasi) dalam Peraturan Presiden 112/2022



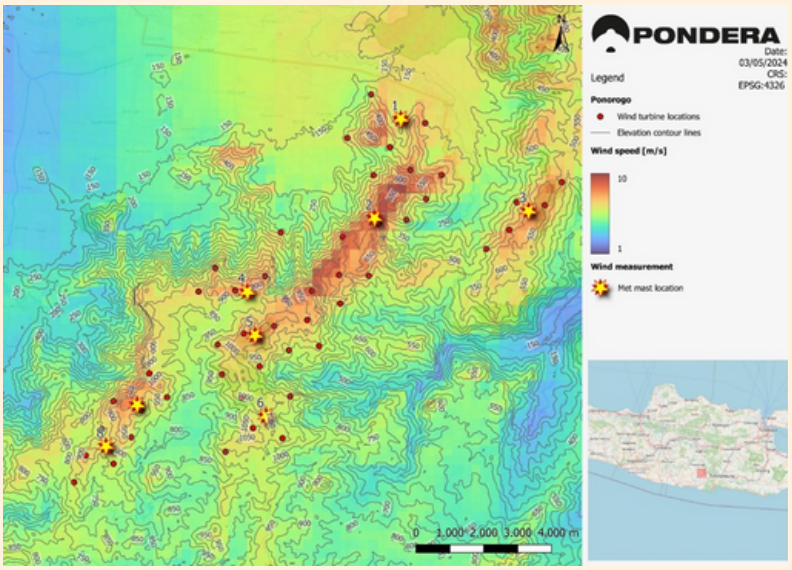
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan dari PLTB di Ponorogo membutuhkan perbaikan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif rendah (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) di beberapa lokasi turbin, merupakan kontributor untuk kasus bisnis yang kurang menjanjikan. Mempertimbangkan kembali tata letak lokasi selama studi lanjutan dapat meningkatkan hal ini. Penghematan biaya dengan menentukan kebutuhan untuk memperkuat 28 jembatan dan membangun infrastruktur baru sangat penting.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Menempatkan setidaknya delapan (8) tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun untuk mencakup bagian utara, tenggara, dan barat daya PLTB



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik tanah yang relevan untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Ponorogo untuk memudahkan penyambungan koneksi jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai input untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstand*
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diperkirakan untuk memitigasi risiko gempa bumi

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan yang (berpotensi) terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan penilaian risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa Pelabuhan Surabaya layak untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Melakukan studi LiDAR pada topografi dan menentukan dimensi jembatan untuk menentukan rute transportasi dan tata letak infrastruktur yang optimal
- Menentukan kekuatan terkini dari jembatan yang akan dilintasi

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Proyek 68 MW
Probolinggo – Lumajang, Jawa Timur

Lokasi dan kebutuhan listrik

PLTB yang dibayangkan ini terletak di Kabupaten Probolinggo dan Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Sistem kelistrikan di provinsi tersebut terhubung dengan jaringan Jawa-Madura-Bali.

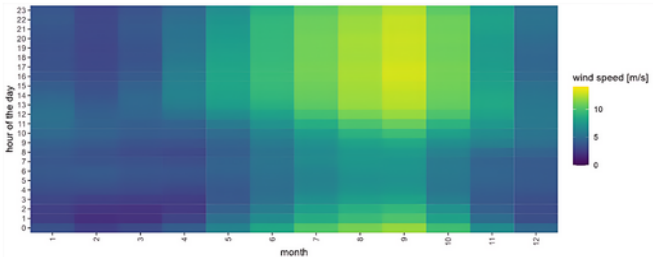
Beban puncak di provinsi ini pada 2021-2030 diperkirakan akan tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 3,7% dari 5.935 MW (2020). Potensi energi angin di Jawa Timur tercatat sebesar 331 MW dalam RUPTL PLN 2021-2030.

Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Probolinggo 2010-2029 dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lumajang 2023-2043, PLTB yang dibayangkan terletak di daerah dengan jenis penggunaan lahan sebagai berikut:

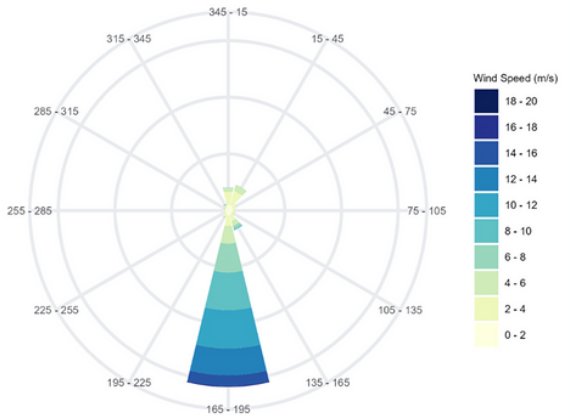
Kawasan Perkebunan
Kawasan ini dapat dimiliki oleh pihak swasta atau masyarakat. Pengembangan PLTB dapat dilakukan di daerah tersebut jika area tersebut bukan bagian dari Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan, dan jika perjanjian sewa/beli dicapai dengan pemilik tanah.

Kawasan Hutan Produksi Tetap
Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan (PPKH) yang akan dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan diperlukan untuk mengembangkan PLTB di daerah tersebut.

Karakteristik angin



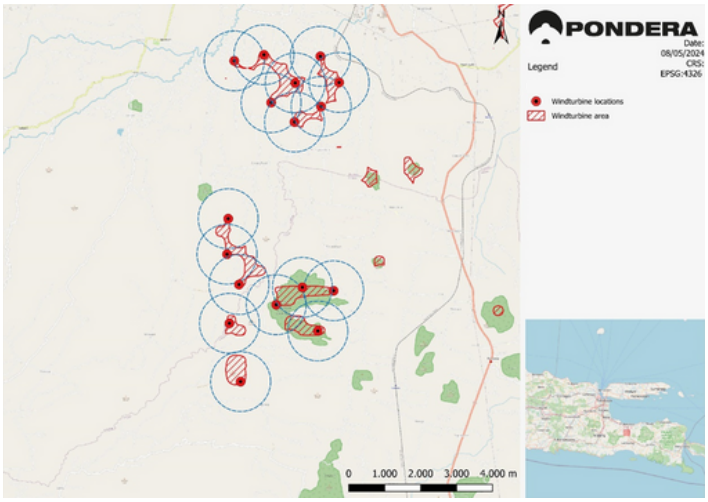
Iklim angin di wilayah ini sebagian besar berasal dari angin dari arah selatan. Kecepatan angin tertinggi diamati pada periode Juni-Oktober. Fenomena El Niño dan La Niña dapat menyebabkan variasi variasi kecepatan angin antar tahunan.



Tata letak PLTB

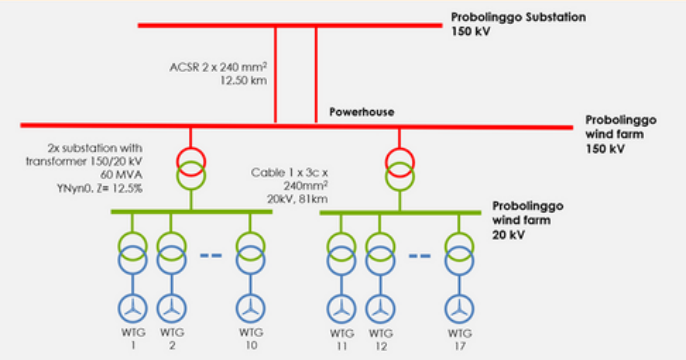
17
turbin angin

68 MW
total kapasitas terpasang



Logistik, pekerjaan sipil, dan pekerjaan kelistrikan

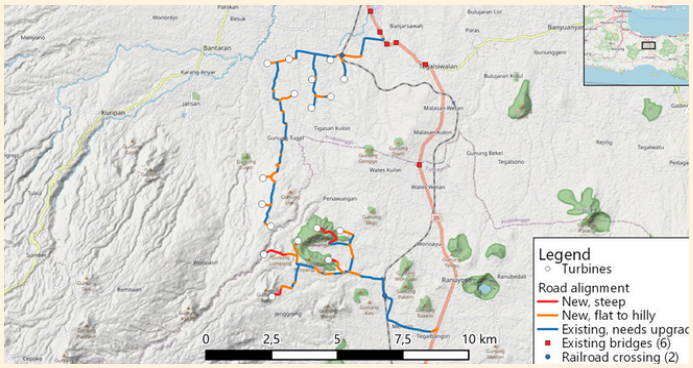
Pelabuhan Surabaya dianggap sebagai titik masuk turbin yang paling cocok, dengan akses ke lokasi tersedia melalui jalan raya dan jalan regional.



Titik terdekat koneksi ke jaringan yang ada adalah gardu induk PLN Probolinggo 150 kV. Dari gardu induk PLN ini ke PLTB, diperlukan saluran transmisi sepanjang 13 km. Listrik yang dihasilkan akan didistribusikan ke gardu induk melalui dua gardu PLTB.

Kondisi geologi dan kegempaan

Kawasan PLTB memiliki risiko kerentanan pergerakan lahan yang sangat rendah hingga tinggi, berpotensi dilanda gempa bumi yang kuat, dan risiko likuifaksi sedang. Desain fondasi harus mencakup langkah-langkah untuk memitigasi risiko ini.



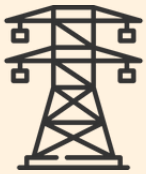
Di dalam lokasi PLTB, jalan baru perlu dibangun di daerah datar-berbukit dan curam, dan beberapa jalan dan jembatan yang ada harus ditingkatkan.

14 km jalan baru

20 km peningkatan jalan

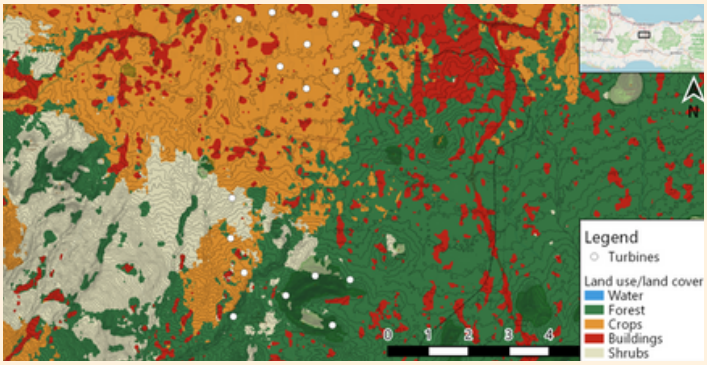
6 jembatan diperkuat

17 fondasi turbin angin dan *crane hardstands*



34 menara transmisi

81 km kabel listrik



Keanekaragaman hayati, kondisi sosial dan lingkungan

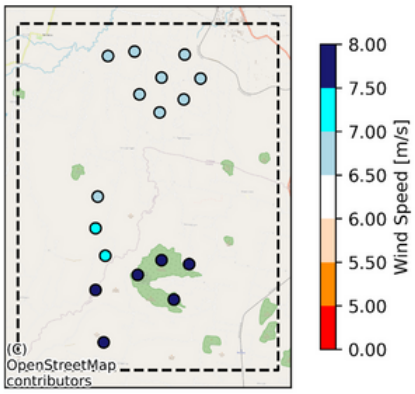
Beberapa spesies hewan dan tumbuhan yang terancam, rentan, dan hampir terancam diamati di daerah tersebut. Salah satu spesies yang terancam punah termasuk Monyet Ekor Panjang *Con Song*. Penelitian lebih lanjut tentang dampak PLTB terhadap keanekaragaman hayati diperlukan. Turbin yang dibayangkan direncanakan di antara pedesaan, dan oleh karena itu, sangat penting untuk menghindari gangguan bagi penduduk dalam desain final PLTB.

Kecepatan angin dan keluaran energi

Parameter [Satuan]	Jumlah
Jumlah WTG baru	17
Nilai Daya per WTG [MW]	4,0
Total daya nominal [MW]	68,0
Diameter rotor [m]	~170
Tinggi naf [m]	140
Kerapatan udara [kg/m3]	1,136
Kecepatan angin [m/s]	7,2
Hasil kotor [MWh/th]	309.857
Hasil kotor termasuk efek olakan [MWh/th]	301.056
P50 [MWh/th]	261.831
P90 (25 th) [MWh/th]	194.721
P50 [jam/th]	3.850
P90 (25 yr) [jam/th]	2.864

Kecepatan angin jangka panjang yang dimodelkan pada ketinggian naf yang direncanakan (140 m) berkisar antara 6,5 - 8,0 m/s. Produksi Energi Tahunan (AEP) bruto selanjutnya dihitung berdasarkan kurva daya turbin angin acuan 4 MW. Persentase kerugian produksi sebesar 15,6% ditentukan untuk PLTB berdasarkan misalnya rugi-rugi olakan, ketidaktersediaan, rugi-rugi listrik, dll.

AEP neto dihitung dengan mengurangi rugi-rugi produksi energi dari AEP bruto, pada tingkat P50. Untuk menentukan produksi jangka panjang (25 tahun), level P90 ditentukan dengan cara memasukkan ketidakpastian sebesar 20%. Jumlah jam beban penuh yang ditentukan (3.850 jam/tahun) setara dengan faktor kapasitas PLTB sebesar 44%.



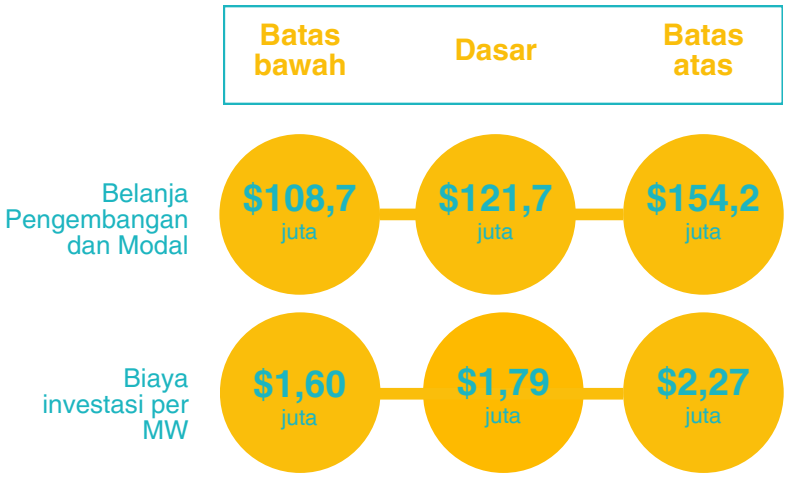
Kasus bisnis

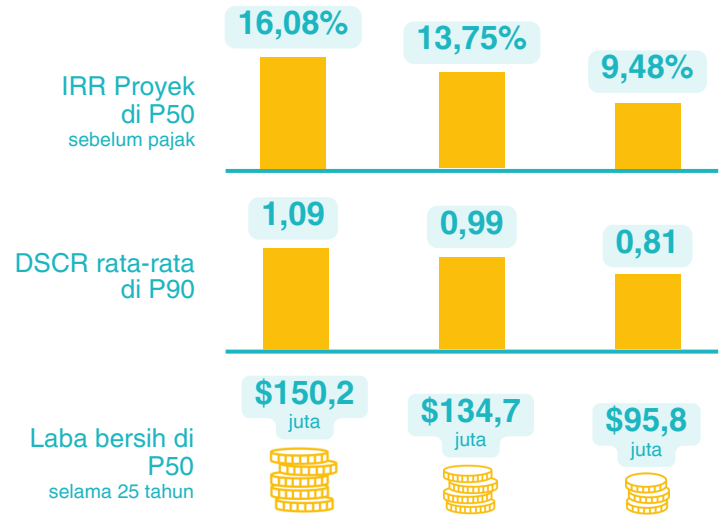
Parameter biaya input terdiri dari survei, pekerjaan desain, pembebasan lahan, izin, turbin angin, pekerjaan sipil, pekerjaan listrik, pemeliharaan, manajemen proyek, dan kontingensi risiko.

Parameter keuangan utama yang diasumsikan meliputi:

- 25 tahun operasi
- Semua biaya termasuk PPN
- Gearing 70/30
- Tenor utang: 10 tahun
- Suku bunga: 9% p.a.
- Harga listrik prospektif*
  - Tahun 1-10: $9,54 sen/kWh
  - Tahun 11-25: $5,73 sen/kWh

Berdasarkan tarif batas atas (dengan faktor lokasi) dalam Peraturan Presiden 112/2022





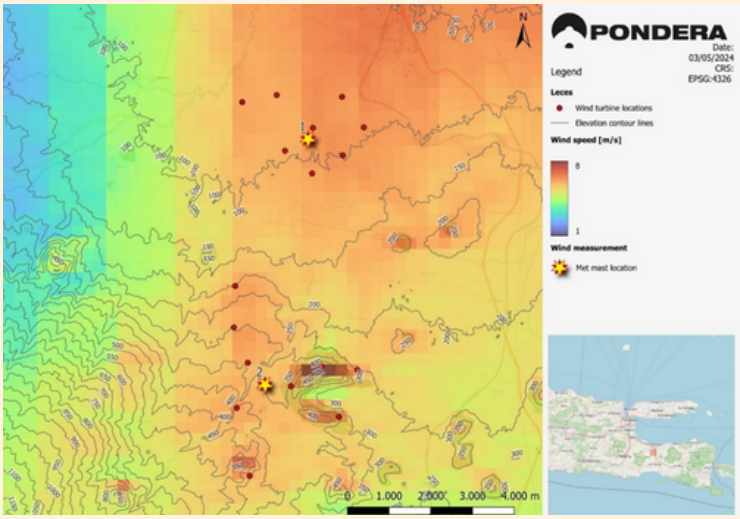
Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kelayakan tekno-ekonomi secara keseluruhan dari PLTB di Probolinggo-Lumajang bisa jadi menjanjikan. Kecepatan angin rata-rata yang relatif tinggi (masih harus divalidasi dengan pengukuran angin) merupakan kontributor signifikan untuk kasus bisnis yang berpotensi menjanjikan. Namun, DSCR perlu ditingkatkan menjadi setidaknya 1 untuk membuat proyek *bankable.* Peningkatan ini dapat secara spesifik dicari dalam biaya infrastruktur (yaitu jalan dan jembatan), yang saat ini memerlukan sebagian besar dari biaya proyek.

Rekomendasi langkah selanjutnya

Sumber daya angin

Menempatkan setidaknya dua (2) tiang pengukuran meteorologis untuk pengumpulan data setidaknya selama satu tahun untuk mencakup bagian utara dan selatan PLTB



Penggunaan lahan dan perizinan

- Menilai penggunaan / kepemilikan lahan secara lebih rinci
- Berkonsultasi dengan pihak berwenang tentang kesediaan dan kemungkinan untuk mengeluarkan persetujuan dan izin
- Pendekatan terhadap pemilik lahan terkait untuk mencapai kesepakatan tentang lahan

Koneksi jaringan dan PJBL

- Memverifikasi kesesuaian gardu induk Probolinggo untuk memfasilitasi koneksi jaringan PLTB
- Menyelaraskan dengan PLN pada kondisi PJBL dan pengaturan proses tender

Geologi dan kegempaan

- Melakukan investigasi geoteknik tanah dan analisis stabilitas tanah, sebagai masukan untuk desain fondasi turbin angin dan desain *crane hardstand*
- Menghitung percepatan tanah puncak maksimum yang diharapkan untuk memitigasi risiko gempa bumi
- Pemeriksaan lebih dalam tentang risiko likuifaksi dengan memeriksa karakteristik tanah dan hidrogeologi lokal

Lingkungan, flora, dan fauna

- Melibatkan pemangku kepentingan yang (berpotensi) terkena dampak di awal pengembangan PLTB, untuk mengidentifikasi dan mengurangi keberatan spesifik dari masing-masing pemangku kepentingan
- Melakukan studi dasar keanekaragaman hayati dan penilaian risiko serta langkah-langkah mitigasi sebagai bagian dari ESIA

Transportasi

- Melakukan survei pelabuhan untuk memastikan bahwa Pelabuhan Surabaya layak untuk membongkar dan menyimpan komponen turbin angin
- Melakukan studi LiDAR pada topografi dan menentukan dimensi jembatan/viaduk untuk menentukan rute transportasi dan tata letak infrastruktur yang optimal
- Menentukan kekuatan terkini dari jembatan yang akan dilintasi

Sanggahan
Tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Diperlukan verifikasi dan validasi melalui survei fisik, pengukuran, desain, perhitungan, dan konsultasi pemangku kepentingan.

Tabel Ringkasan

Tabel Ringkasan

	Aceh Besar (Aceh)	Ciracap (Jawa Barat)	Dairi (Sumatera Utara)	Gunung Kidul (DI Yogyakarta)	Kediri (Jawa Timur)	Padang Lawas Utara – Tapanuli Selatan (Sumatra Utara)	Ponorogo (Jawa Timur)	Probolinggo – Lumajang (Jawa Timur)
Lokasi geografis dan kebutuhan listrik								
Beban puncak di provinsi (2020)	542 MW	7,712 MW	1,883 MW	450 MW	5,935 MW	1,883 MW	5,935 MW	5,935 MW
Proyeksi tingkat pertumbuhan permintaan tahunan	4,7%	3,88%	5,5%	4,88%	3,7%	5,5%	3,7%	3,7%
Tercatat di RUPTL PLN 2021-2030 pada energi angin sesuai rencana dan potensi	258 MW	965 MW	198 MW	60 MW	331 MW	198 MW	331 MW	331 MW
Tata letak PLTB								
Number of turbines (4 MW each)	30	100	23	20	48	78	20	17
Total installed capacity	120 MW	400 MW	92 MW	80 MW	192 MW	312 MW	80 MW	68 MW
Infrastruktur dan penggunaan lahan								
Pelabuhan yang cocok (Jarak)	Pelabuhan Malahayati (45 km)	Pelabuhan perikanan-Pelabuhan Ratu (60 km)	Pelabuhan Medan (140 km)	Pelabuhan Semarang (170 km)	Pleabuhan Surabaya (100 km)	Pelabuhan Dumai (300 km)	Pelabuhan Surabaya (220 km)	Pelabuhan Surabaya (100 km)
Jenis penggunaan lahan terkait menurut Rencana Tata Ruang Wilayah tingkat kabupaten	1. Kawasan Perkebunan 2. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering 3. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	1. Kawasan Perkebunan 2. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah 3. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering 4. Kawasan Sempadan Pantai 5. Kawasan Sempadan Sungai 6. Kawasan Pemukiman Pedesaan	Kawasan Hutan Lindung	1. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering 2. Kawasan Pemukiman Pedesaan	1. Kawasan Perkebunan 2. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering 3. Kawasan Permukiman Perkotaan	1. Kawasan Hutan Produksi Tetap 2. Kawasan Hutan Produksi Terbatas 3. Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering	1. Kawasan Perkebunan 2. Kawasan Pertanian Pangan Lahan Basah 3. Kawasan Sempadan Sungai 4. Kawasan Permukiman Perkotaan 5. Kawasan Padang Rumput / Semak	1. Kawasan Perkebunan 2. Kawasan Hutan Produksi Tetap

	Aceh Besar (Aceh)	Ciracap (Jawa Barat)	Dairi (Sumatera Utara)	Gunung Kidul (DI Yogyakarta)	Kediri (Jawa Timur)	Padang Lawas Utara – Tapanuli Selatan (Sumatra Utara)	Ponorogo (Jawa Timur)	Probolinggo – Lumajang (Jawa Timur)
Keanekaragaman hayati dan dampak sosial								
Kesan umum	Hutan primer dan sekunder, dengan gabungan desa-desa kecil, pertanian kecil, dan sawah	Variasi antara punggung bukit yang membentang, perbukitan dan daerah yang lebih datar terutama digunakan untuk perkebunan yang lebih besar	• Hutan primer, bagian dari kawasan hutan memanjang lebih luas dan memanjang dengan panjang sekitar 60 km • Dekat dengan Kompleks PLTA Lau Renun	• Topografi dan penggunaan lahan homogen • Perbukitan kecil namun curam yang digunakan untuk agroforestri, dan lembah-lembah di antaranya digunakan oleh petani	• Desa-desa sebagian besar terletak di lembah, dikelilingi oleh persawahan • Pegunungan yang berorientasi timur-barat sebagian besar ditutupi oleh hutan dan semak belukar, pertanian skala kecil, dan wanatani	Variasi antara dataran lembah (barat), ngarai dalam (tengah) dan lereng yang lebih curam (timur)	Area tersebut dapat dibagi menjadi beberapa bagian: • Pegunungan yang mengelilingi dataran tinggi • Lembah dataran tinggi • Perbukitan di dasar dataran tinggi • Perbukitan timur	Bagian utara (dataran pantai) dan bagian selatan (kaki Gunung Bromo) dari situs ini berbeda satu sama lain baik dalam topografi, penggunaan lahan, dan kepadatan penduduk
Keanekaragaman hayati berdasarkan daftar setidaknya 'hampir terancam' dalam daftar merah global IUCN	Beberapa spesies hewan (kritis) terancam punah terdaftar	Beberapa spesies hewan dan tumbuhan terdaftar	Beberapa spesies hewan dan tumbuhan terdaftar	Spesies hewan dan tumbuhan yang terdaftar sangat terbatas	Beberapa spesies hewan dan tumbuhan terdaftar	Tidak ada spesies hewan atau tumbuhan yang terdaftar belakangan ini	Spesies hewan dan tumbuhan yang terdaftar sangat terbatas	Beberapa spesies hewan dan tumbuhan terdaftar
Dampak sosial	• Bagian tengah lokasi proyek terdiri dari serangkaian desa pedesaan dan sawah • Tepi pantai merupakan sumber pendapatan penting (pariwisata) • Dampak sosial yang ditimbulkan terutama terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan dan transportasi, serta dampak visual	• Terdapat desa-desa dan rumah-rumah yang tersebar • Dampak sosial dapat berupa hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan dan transportasi dan dampak visual • Kawasan ini dicap sebagai tujuan wisata (UNESCO Geopark)	• Selain beberapa rumah di dalam dan di dekat kompleks pembangkit listrik, area di dalam dan langsung di sekitar PLTB juga dihuni oleh masyarakat	Karena sebagian besar turbin dibangun di lembah dan/atau perbukitan yang tidak berpenghuni dan jauh dari desa, dampak sosialnya hanya terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan, serta dampak transportasi dan visual.	• Beberapa desa terletak di lembah, di antara punggung bukit • Turbin potensial ditempatkan di lereng atau di puncak punggung bukit, jauh dari desa-desa tersebut dengan jarak minimal 300 meter	• Selain desa-desa di dekat jalan utama, daerah ini jarang penduduknya • Dampak sosial terutama terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan dan transportasi dan dampak visual	• Karena sebagian besar turbin akan dibangun lebih jauh dari desa, dampak sosialnya terutama terbatas pada hilangnya lahan pertanian, berkurangnya aksesibilitas selama pembangunan jalan dan transportasi, dan dampak visual	• Banyak desa kecil terletak di daerah tersebut • Dampak visual di bagian selatan (timur ngarai) situs mungkin sangat terbatas • Mobilitas penduduk terdekat kemungkinan akan meningkat ketika jalan umum ditingkatkan

	Aceh Besar (Aceh)	Ciracap (Jawa Barat)	Dairi (Sumatera Utara)	Gunung Kidul (DI Yogyakarta)	Kediri (Jawa Timur)	Padang Lawas Utara – Tapanuli Selatan (Sumatra Utara)	Ponorogo (Jawa Timur)	Probolinggo – Lumajang (Jawa Timur)
			• Penempatan turbin angin dapat menimbulkan penolakan lokal dari industri perhotelan di Danau Toba				• Pembangunan jalan dapat sangat meningkatkan aksesibilitas di dataran tinggi yang mungkin berdampak positif pada ekonomi lokal	
Jaringan transmisi								
Titik koneksi (Gardu induk PLN)	Banda Aceh 150 kV	Pelabuhan Ratu Baru 150 kV	Sidikalang 150 kV	Semanu 150 kV	Surya Zig Zag 150 kV	Padang Sidempuan 150 kV	Semanu 150 kV	Probolinggo 150 kV
Jarak ke koneksi	6 km	8km	19 km	7 km	9 km	15 km	17 km	13 km
Jumlah menara transmisi yang diperlukan	19	22	48	21	25	44	46	34
Keluaran energi								
Kecepatan angin rata-rata		5,5 – 7,5 m/s	7,0 – 10,0 m/s	5,0 – 7,0 m/s	5,0 – 8,0 m/s	6,0 – 9,0 m/s	5,0 – 8,5 m/s	6,5 – 8,0 m/s
P50 Produksi Energi Tahunan	317.543 MWh/th	1.131.551 MWh/th	432.897 MWh/th	218.339 MWh/th	519.135 MWh/th	918.143 MWh/th	564.393 MWh/th	261.831 MWh/th
P90 Produksi Energi Tahunan	236.154 MWh/th	841.523 MWh/th	321.941 MWh/th	188.885 MWh/th	386.075 MWh/th	682.813 MWh/th	419.733 MWh/th	194.721 MWh/th
P50 jam beban penuh	2.646 jam/th	2.829 jam/th	4.705 jam/th	2.729 jam/th	2.704 jam/th	2.943 jam/th	2.940 jam/th	3.850 jam/th
P90 (25 th) Jam Beban Penuh	1.968 jam/th	2.104 jam/th	3.499 jam/th	2.361 jam/th	2.011 jam/th	2.189 jam/th	2.186 jam/th	2.864 jam/th
Business case calculation								
Tarif yang diasumsikan Tahun 1-10 Tahun 11-25	$10,49 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$9,54 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$10,49 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$9,54 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$9,54 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$10,49 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$9,54 sen / kWh $5,73 sen / kWh	$9,54 sen / kWh $5,73 sen / kWh
Total biaya investasi batas bawah (per MW)	USD 171.123.000 (USD 1.423.000)	USD 589.312.000 (USD 1.473.000)	USD 126.978.000	USD 126.452.000 (USD 1.581.000)	USD 275.730.000 (USD 1.436.000)	USD 469.734.000 (USD 1.506.000)	USD 310.548.000 (USD 1.553.000)	USD 108.732.000 (USD 1.599.000)

	Aceh Besar (Aceh)	Ciracap (Jawa Barat)	Dairi (Sumatera Utara)	Gunung Kidul (DI Yogyakarta)	Kediri (Jawa Timur)	Padang Lawas Utara – Tapanuli Selatan (Sumatra Utara)	Ponorogo (Jawa Timur)	Probolinggo – Lumajang (Jawa Timur)
			(USD 1.380.000)					
Total biaya investasi dasar (per MW)	USD 190.803.000 (USD 1.590.000)	USD 654.386.000 (USD 1.635.000)	USD 141.373.000 (USD 1.537.000)	USD 141.578.000 (USD 1.770.000)	USD 307.995.000 (USD 1.604.000)	USD 524.776.000 (USD 1.682.000)	USD 349.783.000 (USD 1,.749.000)	USD 121.663.000 (USD 1.789.000)
Total biaya investasi batas atas (per MW)	USD 240.249.000 (USD 2.022.000)	USD 818.661.000 (USD 2.045.000)	USD 174.913.000 (USD 1.901.000)	USD 180.857.000 (USD 2,.261.000)	USD 389.374.000 (USD 2.028.000)	USD 667.449.000 (USD 1.901.000)	USD 447.836.000 (USD 2,.239.000)	USD 154.218.000 (USD 2.268.000)
Pengeluaran operasional tahunan dasar (per MW)	USD 3.577.000 /th (USD 29.000 /th)	USD 11.778.000 /th (USD 29.000 /th)	USD 2.759.000 /th (USD 30.000 /th)	USD 2.404.000 /th (USD 30.000 /th)	USD 5.602.000 /th (USD 29.000 /th)	USD 9.017.000 /th (USD 29.000 /th)	USD 5.951.000 /th (USD 30.000 /th)	USD 2.093.000 /th (USD 31.000 /th)
Hasil kasus bisnis								
IRR Proyek sebelum pajak di P50 (biaya batas bawah / dasar / batas atas)	11,25% / 9,25% / 5,52%	10,50% / 8,70% / 5,29%	28,75% / 25,40% / 19,62%	8,40% / 6,61% / 3,20%	9,96% / 8,09% / 4,61%	12,93% / 10,80% / 6,77%	10,39% / 8,38% / 4,72%	16,08% / 13,75% / 9,48%
DSCR rata-rata di P90 (biaya batas bawah / dasar / batas atas)	0,90 / 0,82 / 0,67	1,16 / 1,06 / 0,88	1,69 / 1,53 / 1,27	0,90 / 0,82 / 0,66	0,83 / 0,76 / 0,61	0,97 / 0,88 / 0,72	0,85 / 0,77 / 0,61	1,09 / 0,99 / 0,81
Laba bersih di P50 selama 25 tahun (biaya batas bawah / dasar / batas atas)	USD 119.250.000 / USD 99.468.000 / USD 50.970.000	USD 394.436.000 / USD 324.240.000 / USD 161.459.000	USD 373.619.000 / USD 356.350.000 / USD 316.159.000	USD 58.488.000 / USD 43.708.000 / USD 4.547.000	USD 168.362.000 / USD 134.719.000 / USD 55.086.000	USD 417.987.000 / USD 356.181.000 / USD 210.654.000	USD 206.311.000 / USD 163.811.000 / USD 66.725.000	USD 150.155.000 / USD 134.675.000 / USD 95.760.000

SANGGAHAN

Buklet ini dan prospektus Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang mendasarinya telah ditulis dengan hati-hati berdasarkan asesmen 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-daerah terkait, asesmen telah dilakukan melalui *desk study* 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. Oleh karena itu, tidak ada hak yang dapat diperoleh dari informasi dan hasil yang disajikan. Untuk beberapa lokasi, para pengembang telah memulai studi tindak lanjut dan oleh karena itu, mereka mungkin menemukan pertimbangan dan kesimpulan yang berbeda berdasarkan data yang mereka peroleh. 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.

ENERGY TRANSITION PARTNERSHIP
Powering Prosperity and Enabling Sustainability in South East Asia

UNOPS

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