

STUDI POTENSI PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DI ACEH BARAT

M. Yasir Pohan^{*1}, Zulfahmi Helmi², Dian Erlita³, Lindayani⁴, Arjuna Farehan⁵,
Aisi Mauliza⁶

^{1,2,5,6} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Cipta
Mandiri, Indonesia

^{3,4} Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Cipta Mandiri,
Indonesia

* Corresponding Author: Yasir@uncm.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi listrik dan tuntutan transisi menuju energi rendah karbon mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan di tingkat daerah. Penelitian ini bertujuan mengkaji potensi penerapan dan arah pengembangan pembangkit listrik tenaga angin di Kabupaten Aceh Barat berdasarkan penelitian terdahulu, data angin yang telah dipublikasikan, perkembangan teknologi turbin, dan kebijakan energi. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-evaluatif berbasis studi literatur dan data sekunder. Sumber utama meliputi publikasi mengenai potensi angin di Aceh Barat, studi distribusi Weibull di Aceh, penelitian kinerja turbin skala kecil, serta dokumen kebijakan dan perencanaan ketenagalistrikan. Hasil kajian menunjukkan bahwa karakteristik angin Aceh Barat bervariasi menurut lokasi, ketinggian, periode, dan sumber data. Publikasi yang berfokus pada Aceh Barat Selatan melaporkan kecepatan angin Meulaboh sekitar 1,923 meter per detik pada ketinggian 50 meter, sedangkan penelitian pengembangan turbin skala kecil di Aceh Barat menggunakan data rujukan dengan rentang 3,4–5,8 meter per detik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTB skala utilitas tidak dapat ditetapkan hanya berdasarkan data sekunder yang tersedia. Arah penerapan yang lebih rasional adalah pengukuran angin jangka panjang, pemetaan mikro-lokasi, pemilihan turbin berkecepatan rendah, serta pengembangan sistem hibrida angin-surya dan penyimpanan energi untuk beban lokal. Studi ini memberikan dasar awal bagi penelitian lapangan dan perencanaan teknis PLTB di Aceh Barat.

Kata Kunci: energi angin, PLTB, Aceh Barat, Weibull, energi terbarukan

ABSTRACT

The increasing demand for electricity and the transition toward low-carbon energy encourage the utilization of renewable resources at the regional level. This study aims to assess the potential application and development pathways of wind power generation in West Aceh Regency based on previous research, published wind data, turbine technology development, and renewable-energy policy. A descriptive-evaluative approach was applied using literature review and secondary data. The main sources included studies on wind potential in West Aceh, Weibull-based wind assessment in Aceh, small-scale turbine performance, and national electricity planning and renewable-energy policy. The reviewed evidence indicates that wind characteristics in West Aceh vary with location, measurement height, observation period, and data source. A study focusing on southern West Aceh reported a wind speed of approximately 1.923 meters per second at 50 meters in Meulaboh, while a small-scale turbine study in West Aceh referred to wind conditions ranging from 3.4 to 5.8 meters per second. These findings indicate that utility-scale wind power development cannot be determined solely from the currently published secondary data. More appropriate development pathways include long-term wind measurement, micro-siting, selection of low-wind-speed turbines, and integration with solar power and energy storage for local loads. The study provides an initial evidence base for field measurements and technical planning of wind power development in West Aceh.

Keywords: wind energy, wind power plant, West Aceh, Weibull, renewable energy

PENDAHULUAN

Transisi energi menempatkan sumber energi terbarukan sebagai bagian penting dalam pengembangan sistem ketenagalistrikan yang lebih rendah emisi. Energi angin menjadi salah satu teknologi yang berkembang karena tidak membutuhkan bahan bakar selama operasi dan dapat dikembangkan dalam skala yang beragam. International Renewable Energy Agency melaporkan bahwa pada 2024 penambahan kapasitas energi terbarukan dunia mencapai 582 GW, dengan energi angin menyumbang sekitar 114,3 GW. Pada tahun yang sama, biaya listrik rata-rata tertimbang global pembangkit angin darat baru berada pada sekitar USD 0,034 per kWh, meskipun kelayakan suatu proyek tetap bergantung pada kualitas sumber daya angin, faktor kapasitas, biaya modal, dan kondisi jaringan (IRENA, 2025).

Dalam konteks Indonesia, pengembangan energi angin masih menghadapi tantangan ketidakmerataan sumber daya dan keterbatasan data lapangan. Pambudi et al. (2025) menunjukkan bahwa potensi angin Indonesia besar, tetapi kapasitas terpasang masih jauh di bawah potensi teknis. Karena itu, penilaian lokasi secara spesifik menjadi tahapan penting sebelum investasi PLTB dilakukan. RUPTL 2025–2034 juga memasukkan energi angin sebagai bagian dari penambahan kapasitas energi baru terbarukan nasional, sehingga kebutuhan kajian lokasi dan integrasi sistem semakin relevan (PLN, 2025).

Aceh mempunyai posisi strategis karena mencakup kawasan pesisir dan wilayah yang berhadapan dengan Samudra Hindia. Kementerian ESDM pada 2025 melaporkan bahwa pemutakhiran potensi energi angin di Provinsi Aceh terus dilakukan dan potensi terukur pada lokasi survei di Aceh mencapai 39 MW. Angka tersebut merupakan hasil pengukuran pada lokasi survei dan tidak dapat langsung dianggap sebagai kapasitas teknis Kabupaten Aceh Barat (ESDM, 2025).

Aceh Barat mempunyai kepentingan khusus karena sejumlah penelitian telah menguji sumber daya dan teknologi turbin di kawasan Meulaboh. Saputra dan Pribadyo (2015) mengkaji potensi energi angin di kawasan Meulaboh, sedangkan Saputra et al. (2019) mengembangkan rancangan turbin angin skala kecil untuk kawasan Universitas Teuku Umar. Saputra dan Sartika (2020) kemudian menguji optimasi bilah tipe Clark-Y untuk kondisi Aceh Barat. Rangkaian penelitian tersebut menunjukkan bahwa Aceh Barat telah memiliki basis penelitian awal, tetapi masih membutuhkan pembaruan data sumber daya angin.

Anhar et al. (2023) memberikan informasi terukur mengenai kawasan Aceh Barat Selatan dengan pendekatan Weibull dan Rayleigh. Pada ketinggian 50 meter, kecepatan angin yang dilaporkan untuk Meulaboh sekitar 1,923 m/s, sedangkan Calang sekitar 2,009 m/s. Penelitian tersebut menilai bahwa Meulaboh dan Calang dapat dikaji untuk PLTB, tetapi kecepatan anginnya relatif rendah dan pemilihan turbin menjadi faktor penting. Di sisi lain, Saputra dan Sartika (2020) menggunakan data rujukan dengan rentang 3,4–5,8 m/s untuk kondisi angin di Aceh Barat. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa evaluasi potensi harus memperhatikan periode, ketinggian, sumber data, dan karakter lokasi.

Distribusi Weibull banyak digunakan untuk menggambarkan frekuensi kecepatan angin dan memperkirakan rapat daya angin serta produksi energi. Penelitian di Aceh

menunjukkan bahwa Weibull dapat digunakan untuk membandingkan karakteristik angin dan estimasi produksi energi, sedangkan penelitian mutakhir menekankan pentingnya pemilihan distribusi dan parameter yang sesuai untuk lokasi dengan angin relatif rendah (Suriadi et al., 2023; Abbas et al., 2025; Ndeba et al., 2025). Pemilihan turbin juga tidak dapat didasarkan pada daya nominal saja karena kurva daya dan karakteristik kecepatan angin sangat memengaruhi energi keluaran (Yandri et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik potensi angin Aceh Barat berdasarkan penelitian yang tersedia, mengidentifikasi peluang penerapan PLTB berdasarkan kondisi sumber daya dan perkembangan teknologi, serta menyusun strategi pengembangan yang relevan untuk tahap awal di Aceh Barat.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan desain studi literatur deskriptif-evaluatif dengan analisis data sekunder. Tujuan penelitian bukan menghasilkan pengukuran angin baru, melainkan mengintegrasikan bukti yang telah dipublikasikan untuk menilai peluang penerapan dan arah pengembangan PLTB di Aceh Barat. Angka kecepatan angin diperlakukan sebagai data hasil penelitian terdahulu dan bukan sebagai hasil pengukuran langsung penulis.

Sumber data terdiri atas artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding ilmiah, dokumen resmi pemerintah, serta dokumen perencanaan ketenagalistrikan. Literatur utama diprioritaskan pada publikasi 2022–2026, sedangkan publikasi lebih lama digunakan apabila secara khusus membahas Aceh Barat. Penelusuran menggunakan kata kunci wind energy, wind power potential, West Aceh, Aceh Barat, Weibull distribution, wind turbine, PLTB, dan renewable energy. Sumber dipilih berdasarkan identitas bibliografis yang dapat diverifikasi melalui DOI, laman jurnal, GARUDA, atau laman institusi penerbit.

Analisis dilakukan melalui empat tahap, yaitu identifikasi lokasi, ketinggian, periode, dan kecepatan angin; perbandingan hasil antarpelitian dengan memperhatikan perbedaan sumber data; estimasi indikatif rapat daya angin menggunakan $P/A = 1/2 \rho v^3$ dengan ρ 1,225 kg/m³; serta penyusunan strategi penerapan berdasarkan karakter sumber daya, teknologi turbin, penyimpanan, dan kebijakan. Estimasi rapat daya hanya digunakan untuk menunjukkan orde besarnya energi teoritis dan tidak menggantikan perhitungan berbasis distribusi kecepatan angin.

Keabsahan interpretasi dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan data Aceh Barat dengan penelitian Aceh lainnya, hasil penelitian teknologi turbin, dan dokumen perencanaan nasional. Keterbatasan penelitian adalah tidak tersedianya satu seri data angin jangka panjang dan terstandar khusus untuk seluruh wilayah Aceh Barat pada sumber yang ditelaah. Hasil penelitian karena itu diposisikan sebagai studi awal atau pra-kelayakan berbasis literatur, bukan studi kelayakan investasi final.

Tabel 1. Sumber Utama dan Temuan yang Digunakan

Sumber	Lokasi	Data/Metode	Temuan	Relevansi
Anhar et al. (2023)	Meulaboh	2020; 50 m; Weibull/Raylei	1,923 m/s	Evaluasi potensi

		gh		lokasi
Saputra & Sartika (2020)	Aceh Barat	Data rujukan; uji turbin	3,4–5,8 m/s; rotor naik 12,4%	Teknologi turbin kecil
Saputra et al. (2019)	UTU, Aceh Barat	Rancang bangun	Turbin horizontal skala kecil	Teknologi lokal
Suriadi et al. (2023)	Aceh	Data satelit; Weibull/Naka gami	Weibull lebih sesuai pada studi	Metodologi
Zulfaini et al. (2023)	Sabang	Weibull; techno-economic	8 m/s pada 10% lokasi; 537 W/m ²	Pembanding Aceh
Yandri et al. (2024)	Pontianak	BMKG; kurva daya	Output dipengaruhi kurva daya	Seleksi turbin
Pambudi et al. (2025)	Indonesia	Review	Potensi besar; tantangan data	Konteks nasional

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Potensi Angin di Aceh Barat

Hasil kajian menunjukkan bahwa potensi angin Aceh Barat tidak dapat direpresentasikan oleh satu nilai kecepatan. Anhar et al. (2023) melaporkan kecepatan rata-rata sekitar 1,923 m/s untuk Meulaboh pada ketinggian 50 m. Nilai ini relatif rendah untuk PLTB konvensional berkapasitas besar, tetapi masih dapat menjadi dasar kajian turbin berkecepatan rendah atau aplikasi lokal.

Penelitian Saputra dan Sartika (2020) menggunakan data rujukan dengan variasi 3,4–5,8 m/s. Pada pengujian bilah Clark-Y, kecepatan putar maksimum meningkat dari 316,6 rpm menjadi 361,3 rpm setelah optimasi, atau sekitar 12,4%. Temuan ini penting karena menunjukkan bahwa desain aerodinamis dapat meningkatkan pemanfaatan angin pada skala kecil.

Perbedaan 1,923 m/s dan 3,4–5,8 m/s bukan kontradiksi langsung karena kedua penelitian memiliki sumber, periode, lokasi, dan tujuan berbeda. Perbedaan tersebut justru menjadi alasan perlunya pengukuran lapangan yang konsisten. Untuk keputusan investasi, data sebaiknya dikumpulkan pada beberapa titik kandidat, pada ketinggian yang mendekati hub turbin, dan dianalisis dengan distribusi probabilitas serta korelasi jangka panjang.

Tabel 2. Ringkasan Bukti Kecepatan Angin yang Relevan

Lokasi	Periode	Tinggi	Kecepatan	Sumber	Catatan
Meulaboh	2020	50 m	1,923 m/s	Anhar et al. (2023)	Relatif rendah
Calang	2020	50 m	2,009 m/s	Anhar et al. (2023)	Pembanding
Aceh Barat	Data rujukan	Tidak dinyatakan	3,4–5,8 m/s	Saputra & Sartika (2020)	Variasi angin

2. Estimasi Indikatif Rapat Daya Angin

Untuk memberikan gambaran awal, rapat daya angin teoritis dihitung dari $P/A = 1/2 \rho v^3$ dengan densitas udara standar 1,225 kg/m³. Hasil ini bersifat indikatif dan bukan wind power density aktual lokasi.

Kecepatan (m/s)	Rapat daya teoritis (W/m^2)
1,923	4.36
2,009	4.97
3,4	24.07
5,8	119.51

Nilai 1,923 m/s menghasilkan rapat daya teoritis sekitar 2,18 W/m^2 , sedangkan 3,4 m/s sekitar 24,04 W/m^2 dan 5,8 m/s sekitar 119,64 W/m^2 . Perbedaan tersebut menunjukkan sensitivitas daya terhadap kecepatan karena daya berbanding dengan pangkat tiga kecepatan. Namun, angka ini tidak memasukkan distribusi frekuensi angin, turbulensi, wind shear, densitas udara aktual, rugi mekanis dan elektris, maupun kurva daya turbin sehingga tidak boleh digunakan sebagai nilai produksi energi proyek.

3. Kesesuaian Teknologi Turbin

Pemilihan teknologi merupakan faktor kunci pada wilayah dengan kecepatan angin relatif rendah. Yandri et al. (2024) menunjukkan bahwa dua turbin dengan daya nominal sama dapat menghasilkan energi berbeda ketika kurva dayanya berbeda. Karena itu, pemilihan turbin Aceh Barat perlu menggunakan cut-in speed, rated speed, cut-out speed, rotor diameter, tinggi hub, generator, dan kurva daya aktual. Untuk aplikasi lokal, turbin skala kecil atau menengah dengan karakteristik cut-in rendah berpotensi lebih sesuai daripada turbin yang dirancang untuk kelas angin tinggi. Hidayat dan Hermawan (2024) menunjukkan bahwa prototipe Savonius-Darrieus dapat menghasilkan tegangan pada rentang 3,4–5,8 m/s dan dapat digunakan untuk pengisian akumulator. Penelitian Saputra dan Sartika (2020) juga memberikan bukti bahwa optimasi bilah dapat meningkatkan kinerja rotor pada kondisi Aceh Barat.

Pada tahap berikutnya, pemilihan turbin dapat dilakukan melalui simulasi QBlade atau perangkat sejenis dengan input distribusi angin lokal. Setiawan et al. (2024) menunjukkan penggunaan QBlade untuk perancangan turbin horizontal 2,5 MW. Contoh tersebut merupakan pendekatan metode, bukan rekomendasi kapasitas untuk Aceh Barat; kapasitas harus ditentukan setelah data angin dan kondisi jaringan tersedia.

4. Peluang Penerapan PLTB dan Sistem Hibrida

Berdasarkan bukti yang tersedia, penerapan PLTB di Aceh Barat lebih tepat dikembangkan secara bertahap. Tahap pertama dapat berupa sistem skala kecil untuk penerangan kawasan pesisir, fasilitas pendidikan, pompa air, stasiun pengisian, atau beban komunitas. Tahap ini dapat berfungsi sebagai demonstrasi teknologi sekaligus menghasilkan data operasi nyata.

Tahap kedua dapat berupa sistem hibrida angin-surya dengan baterai. Sistem hibrida mengurangi ketergantungan pada satu sumber energi dan dapat meningkatkan kontinuitas pasokan ketika karakteristik angin dan surya saling melengkapi. Kebijakan nasional juga semakin memberi ruang bagi sistem hibrida dan penyimpanan energi untuk meningkatkan keandalan sistem (ESDM, 2025).

Tahap ketiga, apabila hasil pengukuran menunjukkan sumber daya memadai, adalah pengembangan PLTB terhubung jaringan. Tahap ini memerlukan studi kelayakan

teknis dan ekonomi yang mencakup capacity factor, annual energy production, losses, kebutuhan transmisi, interkoneksi, investasi, operasi, pemeliharaan, dan LCOE. IRENA (2025) menegaskan bahwa LCOE dipengaruhi oleh biaya instalasi, faktor kapasitas, operasi dan pemeliharaan, umur proyek, dan biaya modal.

RUPTL 2025–2034 memasukkan 7,2 GW kapasitas energi angin dalam rencana penambahan pembangkit nasional bersama sumber EBT dan penyimpanan. Angka tersebut merupakan rencana nasional dan tidak otomatis menetapkan proyek di Aceh Barat, tetapi memperlihatkan bahwa energi angin telah masuk dalam arah perencanaan ketenagalistrikan nasional (PLN, 2025).

Tabel 3. Tahapan Pengembangan PLTB Aceh Barat

Tahap	Fokus	Kegiatan	Keluaran
1	Pra-survei	Pemetaan lokasi, akses jaringan, lahan, hambatan	Kandidat lokasi
2	Pengukuran	Anemometer/remote sensing pada beberapa ketinggian	Seri data angin
3	Analisis	Weibull, WPD, turbulence, wind shear, korelasi	Profil sumber daya
4	Seleksi turbin	Kurva daya, cut-in, rotor, hub height	Alternatif turbin
5	Pilot	PLTB kecil atau hibrida angin-surya-BESS	Data operasi
6	Pra-kelayakan	AEP, capacity factor, LCOE, interkoneksi	Keputusan teknis
7	Pengembangan	PLTB jaringan bila memenuhi kriteria	Pembangkit berkelanjutan

5. Kesenjangan Penelitian

Kesenjangan pertama adalah ketersediaan data angin yang konsisten. Studi Aceh Barat menggunakan sumber dan periode berbeda sehingga belum cukup untuk menghasilkan bankable wind resource assessment. Penelitian berbasis ERA5-Land di wilayah lain Indonesia menunjukkan bahwa reanalisis dapat membantu pemetaan awal, tetapi validasi dengan data stasiun meteorologi tetap penting (Triatmoko et al., 2024).

Kesenjangan kedua adalah belum tersusunnya pemetaan mikro-lokasi Aceh Barat yang menggabungkan kecepatan, arah, wind shear, turbulensi, topografi, penggunaan lahan, akses jalan, jarak jaringan, dan aspek lingkungan. Kesenjangan ketiga adalah terbatasnya studi techno-economic khusus Aceh Barat. Studi Sabang menunjukkan bahwa analisis Weibull dapat diteruskan ke capacity factor, energy output, dan indikator ekonomi termasuk LCOE (Zulfaini et al., 2023).

Agenda penelitian selanjutnya perlu memprioritaskan pengukuran lapangan pada beberapa titik, validasi dengan ERA5 atau sumber satelit, analisis Weibull, simulasi turbin, dan evaluasi ekonomi. Penelitian juga dapat menguji sistem hibrida angin-surya-BESS untuk beban tertentu. Dengan demikian, kontribusi penelitian dapat

bergerak dari sekadar identifikasi potensi menuju basis keputusan teknis yang dapat diuji.

Tabel 4. Sintesis Bukti dan Kebutuhan Data Lanjutan

Bukti	Nilai	Keterbatasan	Kebutuhan
Meulaboh 1,923 m/s pada 50 m	Spesifik lokasi	Satu periode/sumber	Pengukuran multi-tahun
Rentang 3,4–5,8 m/s	Gambaran variasi	Seri data tidak lengkap	Data per jam dan arah
Studi turbin local	Teknologi telah diuji	Belum bankable	Uji lapangan berbeban
Studi Aceh/nasional	Konteks pembandingan	Bukan pengganti data Aceh Barat	Mikrositing & ekonomi

SIMPULAN DAN SARAN

Kajian menunjukkan bahwa Aceh Barat memiliki dasar ilmiah untuk dikaji sebagai lokasi penerapan energi angin, tetapi bukti yang tersedia belum cukup untuk menetapkan kelayakan pembangunan PLTB skala utilitas secara langsung. Data yang dipublikasikan memperlihatkan variasi karakter angin yang besar. Studi berbasis Weibull pada kawasan Aceh Barat Selatan melaporkan kecepatan Meulaboh sekitar 1,923 m/s pada ketinggian 50 m, sedangkan studi pengembangan turbin di Aceh Barat menggunakan rentang data rujukan 3,4–5,8 m/s. Perbedaan tersebut mempertegas pentingnya standardisasi lokasi, periode, ketinggian, dan metode pengukuran.

Secara teknologi, peluang awal lebih rasional diarahkan pada turbin yang mampu beroperasi pada kecepatan angin rendah, sistem skala kecil-menengah, dan sistem hibrida angin-surya dengan penyimpanan energi. Pengembangan PLTB jaringan dapat dipertimbangkan setelah tersedia data angin jangka panjang, hasil pemetaan mikro-lokasi, simulasi kurva daya, estimasi produksi energi, analisis interkoneksi, dan evaluasi ekonomi. Penelitian lanjutan disarankan melakukan pengukuran pada beberapa titik pesisir dan wilayah terbuka Aceh Barat, analisis Weibull dan wind shear, validasi reanalisis, serta pengujian pilot project. Dengan pendekatan bertahap, potensi energi angin Aceh Barat dapat dinilai secara lebih objektif dan dikembangkan sesuai karakter sumber daya lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada institusi dan sumber publik yang menyediakan data, publikasi, serta dokumen kebijakan yang menjadi dasar kajian. Artikel ini merupakan studi awal dan tidak dimaksudkan sebagai pengganti studi kelayakan investasi PLTB.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, G., Ali, A., Ben Othman, M. T., Nawaz, M. W., Ur Rehman, A., & Hamam, H. (2025). A novel energy pattern factor-based optimized approach for assessing Weibull parameters for wind power applications. *Scientific Reports*, 15, 37. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80929-7>
- Anhar, M., Suriadi, S., & Siregar, R. H. (2023). Analisis potensi tenaga angin dengan menggunakan metode distribusi Weibull dan Rayleigh di kawasan Aceh Barat Selatan.

- KITEKTRO: Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro, 8(1), 10–15. <https://doi.org/10.24815/kitektro.v8i1.27776>
- ESDM. (2025). Laporan kinerja Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Tahun 2025. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Hidayat, M. I., & Hermawan, A. C. (2024). Rancang bangun prototipe PLTB sumbu vertikal tipe hybrid Savonius–Darrieus untuk pengisian akumulator. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(1), 66–72. <https://doi.org/10.26740/jte.v13n1.p66-72>
- International Renewable Energy Agency. (2025). Renewable power generation costs in 2024. IRENA, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>
- Ndeba, B. S., El Alani, O., Ghennioui, A., et al. (2025). Comparative analysis of seasonal wind power using Weibull, Rayleigh and Champernowne distributions. *Scientific Reports*, 15, 2533. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86321-3>
- Pambudi, N. A., Ulfa, D. K., Nanda, I. R., Gandidi, I. M., Wiyono, A., Biddinika, M. K., Rudiyanto, B., & Saw, L. H. (2025). The future of wind power plants in Indonesia: Potential, challenges, and policies. *Sustainability*, 17(3), 1312. <https://doi.org/10.3390/su17031312>
- PLN. (2025). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034. PT PLN (Persero).
- Saputra, M., & Pribadyo. (2015). Studi analisis potensi energi angin sebagai pembangkit listrik tenaga angin di kawasan Meulaboh. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 1(1). <https://doi.org/10.35308/jmkn.v1i1.826>
- Saputra, M., Kurniawan, R., & Munawir, A. (2019). Rancang bangun turbin angin skala kecil untuk kawasan Kampus Universitas Teuku Umar. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 5(1).
- Saputra, M., & Sartika, R. (2020). Improvement of small scale turbine performance in West Aceh region using a Clark-Y type of turbine blades. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 909, 012021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012021>
- Sary, R., Syuhada, A., & Zulfadli, T. (2022). Analysis of wind energy potential as a hybrid power plant in Banda Aceh and surrounding areas. *Jurnal Polimesin*, 20(1), 36–41. <https://doi.org/10.30811/jpl.v20i1.2298>
- Setiawan, I. M., Mursanto, W. B., & Maridjo. (2024). Perancangan turbin tipe horisontal untuk pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) kapasitas 2,5 MW. *Jurnal Teknik Energi*, 13(2).
- Suriadi, S., Nabilah, M., Zainal, M., Yanis, M., Marwan, M., & Affan, M. (2023). Comparative analysis of wind energy potential with Nakagami and Weibull distribution methods for wind turbine planning. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 12(1). <https://doi.org/10.13170/aijst.12.1.30736>
- Triatmoko, D., Arsyad, M., & Palloan, P. (2024). Assessment of wind energy potential in Kolaka using ERA5-Land data reanalysis. *Advances in Social Humanities Research*, 2(9), 1071–1088. <https://doi.org/10.46799/adv.v2i9.284>
- Yandri, Y., Khwee, K. H., & Kurnianto, R. (2024). Studi komparatif turbin angin berdaya sama dengan kurva daya yang berbeda berbasis distribusi Weibull. *Jurnal Teknologi Elektro*, 15(1), 36–46. <https://doi.org/10.22441/jte.2024.v15i1.007>
- Zulfaini, Z., Setiawan, A., & Daud, M. (2023). Techno-economic assessment of wind power generation feasibility in Sabang. *Jurnal Polimesin*, 21(4).