

Studi Literatur : Potensi dan Pengembangan Energi Angin sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan di Wilayah Gorontalo

Sudarmanto Hasan^{1*}, Fitryane Lihawa², Dewi Wahyuni K. Baderan³

¹Program Studi Magister Kependudukan dan Lingkungan Hidup Pascasajana Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

^{2,3}Dosen Program Studi Magister Kependudukan dan Lingkungan Hidup Pascasajana Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Email : *manthodoank@gmail.com¹

Alamat: Jl. Jend. Sudirman No.6, Dulalowo Tim., Kec. Kota Tengah, Kota Gorontalo, Gorontalo 96128

Korespondensi penulis: manthodoank@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the potential for developing Wind Power Plants (PLTB) in Gorontalo Province, focusing on wind speed in several strategic locations. The consistent and relatively high wind speeds in coastal and lowland areas of Gorontalo make the region highly suitable for developing wind energy as a renewable energy source. This research utilizes meteorological data to measure wind speed at four locations: Batudaa Pantai 1, Batudaa Pantai 2, Kwandang, and Sumalata. The analysis reveals that wind speeds range from 6.73 m/s to 7.08 m/s, with electricity generation capacity per turbine ranging from 146 kW to 170 kW. The total electricity capacity that can be generated by 30 turbines across these locations is 18.9 MW. This potential provides a significant contribution to meeting renewable energy needs in Gorontalo and Indonesia in general. However, the development of PLTB in this area requires further consideration of technical, economic, social, and regulatory aspects. Therefore, it is recommended to conduct a comprehensive feasibility study to assess the technical and economic viability, as well as the social and economic impacts on local communities. Additionally, government support in terms of policy and fiscal incentives will expedite the development of PLTB in Gorontalo, which in turn can contribute to reducing greenhouse gas emissions and supporting sustainable energy in the future.*

Keywords: *Wind, energy, PLTB, Gorontalo, Renewable energy*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) di Provinsi Gorontalo dengan fokus pada kecepatan angin di beberapa lokasi strategis. Kecepatan angin yang konsisten dan cukup tinggi di daerah pesisir dan dataran rendah di Gorontalo menjadikan daerah ini memiliki potensi besar untuk mengembangkan energi angin sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini menggunakan data meteorologi untuk mengukur kecepatan angin di empat lokasi, yaitu Pantai Batudaa 1, Pantai Batudaa 2, Kwandang, dan Sumalata. Hasil analisis menunjukkan bahwa kecepatan angin berkisar antara 6,73 m/s hingga 7,08 m/s, dengan kapasitas listrik yang dapat dihasilkan oleh setiap turbin antara 146 kW hingga 170 kW. Total kapasitas listrik yang dapat dihasilkan oleh 30 turbin di seluruh lokasi adalah 18,9 MW. Potensi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan energi terbarukan di Gorontalo dan Indonesia secara umum. Pengembangan PLTB di wilayah ini memerlukan pertimbangan lebih lanjut terkait aspek teknis, ekonomi, sosial, dan regulasi yang mendukung. Oleh karena itu, disarankan agar dilakukan studi kelayakan yang komprehensif untuk mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomi, serta pengaruh sosial-ekonomi terhadap masyarakat lokal. Selain itu, dukungan dari pemerintah dalam hal kebijakan dan insentif fiskal akan mempercepat pengembangan PLTB di Gorontalo, yang pada gilirannya dapat berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan mendukung keberlanjutan energi di masa depan.

Kata kunci: Energi, angin, PLTB, Gorontalo, Energi terbarukan.

1. LATAR BELAKANG

Krisis energi global dan perubahan iklim akibat pemanasan global telah menjadi perhatian utama di berbagai sektor, termasuk ilmu pengetahuan, industri, dan kebijakan publik. Ketergantungan pada bahan bakar fosil tidak hanya mengancam cadangan sumber daya alam dunia tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida dan metana. Di Indonesia, sektor energi merupakan salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca, dengan total emisi mencapai 638.452 Gg CO₂e pada tahun 2019 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020). Kondisi ini mendorong perlunya transformasi menuju pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) sebagai solusi untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menjamin keberlanjutan energi.

Pemerintah Indonesia telah menetapkan target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 (RUEN, 2017). Sebagai bagian dari upaya ini, energi angin menjadi salah satu sumber EBT yang memiliki potensi besar, khususnya di wilayah dengan karakteristik angin yang konsisten seperti Provinsi Gorontalo. Meskipun Gorontalo memiliki potensi energi angin yang signifikan, pemanfaatannya masih minim. Berdasarkan data Dinas ESDM Provinsi Gorontalo, kontribusi EBT dalam bauran energi tahun 2023 baru mencapai 11,76%, dengan target peningkatan menjadi 15,4% pada tahun 2025 (GORONTALO, 2019).

Studi sebelumnya menunjukkan potensi energi angin di Gorontalo yang cukup menjanjikan. Misalnya, penelitian Yunginger dan Sune (n.d.) mengidentifikasi potensi energi angin di Kota Gorontalo berkisar antara 512,27 hingga 2954,59 watt/m². Namun, penelitian ini terbatas pada daerah dataran rendah seperti Kelurahan Wumialo, sehingga mengabaikan potensi yang lebih besar di wilayah pesisir. Penelitian lain oleh Anastasia Muhtar (2019) juga menyebutkan bahwa beberapa lokasi di Provinsi Gorontalo memiliki potensi energi angin yang baik untuk pembangkitan listrik, tetapi kurang memperhatikan aspek sosial-ekonomi, seperti dampak terhadap masyarakat lokal dan biaya investasi.

Dalam konteks ini, analisis komprehensif terhadap potensi energi angin di Gorontalo menjadi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) di beberapa lokasi di Provinsi Gorontalo. Fokus penelitian mencakup analisis data meteorologi untuk mengidentifikasi potensi angin, serta kajian terhadap tantangan dan peluang dalam pengembangan PLTB. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi strategis bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan untuk memaksimalkan potensi energi angin di Gorontalo, mendukung pencapaian target EBT, dan berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca demi keberlanjutan lingkungan.

2. KAJIAN TEORITIS

Pemanfaatan energi angin sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan (EBT) berakar pada prinsip konversi energi kinetik angin menjadi energi listrik melalui turbin angin. Teknologi pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir dengan berbagai desain turbin yang dapat beradaptasi pada kondisi angin di lokasi tertentu. Turbin angin umumnya dibagi menjadi dua jenis utama: horizontal-axis wind turbines (HAWT) dan vertical-axis wind turbines (VAWT), masing-masing dengan keunggulan dan keterbatasan yang sesuai dengan topografi dan pola angin di wilayah pengembangannya. Di wilayah dengan potensi angin sedang seperti Gorontalo, pengembangan teknologi hybrid yang memadukan turbin angin dengan sumber energi lainnya, seperti diesel, menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi (Nurwahyudin, D. S., & Harmoko, U, 2020).

Potensi energi angin dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kecepatan angin, densitas udara, dan karakteristik geografis suatu wilayah. Kecepatan angin yang konsisten, terutama di daerah pesisir atau wilayah dengan topografi terbuka, merupakan faktor utama yang menentukan kelayakan pengembangan PLTB. Berdasarkan teori aerodinamika, potensi energi angin dapat dihitung menggunakan persamaan energi kinetik $P = 0.5 \rho A v^3$ $P = 0.5 \rho A v^3$, di mana ρ adalah densitas udara, A adalah luas area turbin, dan v adalah kecepatan angin. Dengan kecepatan angin yang cukup tinggi, efisiensi konversi energi dapat meningkat signifikan, menjadikan PLTB sebagai alternatif energi yang kompetitif.

Pengembangan energi angin, aspek sosial dan ekonomi juga menjadi bagian penting dari kajian teoritis. Penerimaan masyarakat terhadap pembangunan PLTB bergantung pada pemahaman mereka tentang manfaat jangka panjang proyek tersebut, seperti pengurangan emisi karbon, penyediaan lapangan kerja, dan akses energi yang lebih murah dan berkelanjutan. Teori keberlanjutan menekankan pentingnya keseimbangan antara manfaat ekonomi, dampak lingkungan, dan pengaruh sosial dari setiap proyek EBT. Di wilayah Gorontalo, tantangan sosial-ekonomi seperti keterbatasan infrastruktur dan kebutuhan investasi awal yang tinggi perlu dipertimbangkan dalam desain dan implementasi PLTB (Hakim, R. R. al, 2020).

Regulasi dan kebijakan energi berperan penting dalam mendukung pengembangan energi angin. Di Indonesia, Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menjadi landasan kebijakan untuk mencapai target bauran energi terbarukan. Kebijakan ini memberikan dorongan bagi pemanfaatan potensi energi lokal, termasuk energi angin, melalui insentif fiskal, penyediaan teknologi, dan kolaborasi dengan sektor swasta. Penguatan regulasi lokal yang mendukung pembangunan PLTB di Gorontalo juga diperlukan

untuk meminimalkan kendala administratif dan mempercepat adopsi teknologi energi angin di daerah tersebut (Andayany, H. & Risakota, M. 2019).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif analitik dengan fokus pada analisis potensi energi angin dan faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) di Provinsi Gorontalo. Metode ini bertujuan untuk menggambarkan potensi energi angin secara kuantitatif dan mengidentifikasi tantangan serta peluang yang ada dalam pengembangan PLTB. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data Meteorologi

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data meteorologi terkait kecepatan dan arah angin di berbagai lokasi di Provinsi Gorontalo. Data ini diperoleh dari stasiun meteorologi yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Provinsi Gorontalo. Data kecepatan angin yang dihimpun selama periode tertentu (minimal 1 tahun) akan dianalisis untuk mengetahui pola dan intensitas angin di wilayah-wilayah potensial, seperti daerah pesisir atau wilayah dataran tinggi yang dapat mendukung pengembangan PLTB.

2. Analisis Potensi Energi Angin

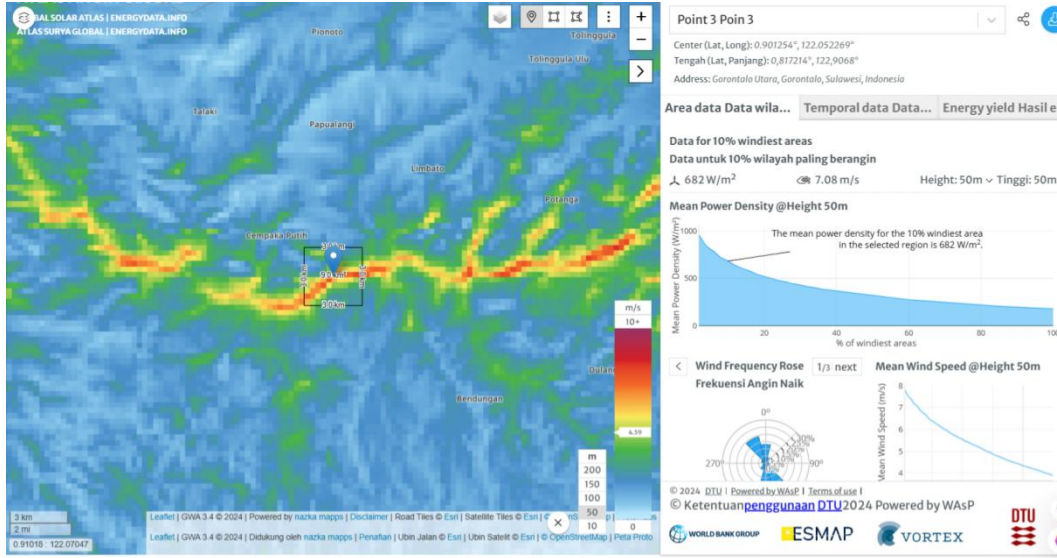
Setelah data meteorologi diperoleh, analisis potensi energi angin dilakukan dengan menggunakan rumus konversi energi kinetik angin ($P=0.5\rho Av^3$), di mana ρ adalah densitas udara, A adalah luas area yang terpapar angin, dan v adalah kecepatan angin. Lokasi-lokasi yang memiliki kecepatan angin rata-rata lebih dari 5 m/s akan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui seberapa besar potensi energi angin yang dapat dihasilkan. Analisis ini juga mempertimbangkan faktor-faktor geografis, seperti ketinggian dan topografi, yang dapat mempengaruhi distribusi dan konsistensi angin.

3. Identifikasi Tantangan dan Peluang

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai tantangan dan peluang dalam pengembangan PLTB, penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur serta wawancara dengan pemangku kepentingan lokal, seperti pemerintah daerah, masyarakat setempat, dan pihak swasta yang terlibat dalam sektor energi terbarukan. Aspek sosial-ekonomi, seperti penerimaan masyarakat, dampak terhadap

lapangan pekerjaan, serta biaya investasi dan operasional, akan dianalisis untuk mengevaluasi kelayakan proyek PLTB.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Peta kecepatan angin di pantai batudaa pantai

Gambar 1 menunjukkan peta kecepatan angin di kawasan Pantai Batudaa, yang mencakup informasi tentang distribusi kecepatan angin di sepanjang pantai tersebut. Peta ini menggambarkan variabilitas kecepatan angin berdasarkan data meteorologi yang dihimpun di berbagai titik sepanjang garis pantai. Area dengan kecepatan angin yang lebih tinggi, yang ditandai dengan warna tertentu, menunjukkan potensi besar untuk pengembangan energi angin. Kecepatan angin yang konsisten dan cukup tinggi di beberapa lokasi di Pantai Batudaa menjadikannya area yang sangat potensial untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB), yang dapat berkontribusi pada pemenuhan kebutuhan energi terbarukan di wilayah tersebut. Peta ini memberikan gambaran visual yang penting untuk menilai kelayakan pengembangan PLTB berbasis energi angin di daerah pesisir.

Tabel 1. Kecepatan angin

No	Lokasi (Kecamatan)	Titik Kordinat	Kecepatan Angin (M/S)
1	Batudaa Pantai 1	0.515801 ⁰ ,122.867661 ⁰	6,99
2	Batudaa Pantai 2	0.519852 ⁰ ,122.969284 ⁰	6,80
3	Kwandang	0.914915 ⁰ ,122.052269 ⁰	6,73
4	Sumalata	0.901254 ⁰ ,122.052269 ⁰	7,08

Tabel yang disajikan menggambarkan data kecepatan angin di beberapa lokasi di Provinsi Gorontalo yang memiliki potensi untuk pengembangan energi angin. Keempat titik koordinat yang tertera mencakup wilayah yang tersebar di kecamatan-kecamatan dengan kecepatan angin yang cukup signifikan, yang dapat dijadikan dasar untuk perencanaan pembangkit listrik tenaga angin (PLTB). Kecepatan angin yang tercatat di lokasi-lokasi ini berada dalam rentang 6,73 hingga 7,08 m/s, yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki potensi angin yang stabil dan cukup tinggi untuk menghasilkan energi listrik (Nurwahyudin, D. S., & Harmoko, U., 2020). Kecepatan angin yang lebih tinggi, seperti di lokasi Sumalata (7,08 m/s), memberikan potensi yang lebih besar dalam hal efisiensi konversi energi angin.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kecepatan angin di Pantai Batudaa 1 dan Pantai Batudaa 2 (6,99 m/s dan 6,80 m/s) juga cukup tinggi, menjadikannya lokasi yang menarik untuk pembangunan turbin angin. Daerah pesisir biasanya memiliki kecepatan angin yang lebih konsisten dan kuat karena tidak terhalang oleh hambatan topografi seperti pegunungan (Harmoko, U. & Subekti, R. A., 2020). Keberadaan dua lokasi di sepanjang Pantai Batudaa dengan kecepatan angin yang hampir serupa menunjukkan adanya potensi yang signifikan dalam pengembangan PLTB, yang dapat dimanfaatkan secara optimal dengan teknologi yang tepat, seperti turbin angin hybrid atau sistem penyimpanan energi untuk memastikan pasokan listrik yang stabil.

Dari segi distribusi geografis, kecamatan Kwandang dan Sumalata yang terletak lebih ke arah daratan, juga menunjukkan potensi energi angin yang cukup besar dengan kecepatan angin masing-masing 6,73 m/s dan 7,08 m/s. Ini menunjukkan bahwa pengembangan energi angin tidak terbatas hanya di wilayah pesisir, tetapi juga dapat diperluas ke daerah dataran rendah yang memiliki kondisi angin yang baik (Ariel Okta Rosetta, 2024). Oleh karena itu, hasil yang diperoleh dari tabel ini memberikan gambaran yang jelas bahwa Provinsi Gorontalo memiliki banyak lokasi potensial untuk pengembangan energi angin yang dapat mendukung transisi energi terbarukan dan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon.

Tabel 2. P listrik total

No	Lokasi (Kecamatan)	KECEPATAN ANGIN (M/S)	ENERGI Listrik(plistrik)	P Listrik Total (30 Turbin)
1	Batudaa Pantai 1	6,99	164 Kw	4,9 Mw
2	Batudaa Pantai 2	6,80	151 Kw	4,5 Mw
3	Kwandang	6,73	146 Kw	4,3 Mw
4	Sumalata	7,08	170 Kw	5,1 Mw
	Total			18,9 Mw

Tabel ini menunjukkan potensi pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) di beberapa lokasi di Provinsi Gorontalo, berdasarkan kecepatan angin yang tercatat dan kapasitas listrik yang dapat dihasilkan. Dari data yang ada, terlihat bahwa lokasi dengan kecepatan angin tertinggi, yaitu Sumalata dengan kecepatan angin 7,08 m/s, memiliki kapasitas listrik terbesar sebesar 170 kW per turbin, yang menghasilkan total 5,1 MW untuk 30 turbin. Di sisi lain, lokasi Batudaa Pantai 1 dengan kecepatan angin 6,99 m/s menghasilkan kapasitas 164 kW per turbin, menghasilkan total 4,9 MW. Keempat lokasi ini menunjukkan potensi yang signifikan dalam menghasilkan listrik terbarukan, yang sangat relevan dengan kebutuhan energi bersih di wilayah tersebut.

Secara keseluruhan, total kapasitas listrik yang dapat dihasilkan dari keempat lokasi ini adalah 18,9 MW, yang menunjukkan bahwa Provinsi Gorontalo memiliki potensi besar dalam pengembangan energi angin. Meskipun ada variasi dalam kapasitas listrik antara lokasi-lokasi tersebut, seluruhnya menunjukkan nilai yang cukup besar untuk mendukung kebutuhan energi lokal maupun regional. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil, mendukung pencapaian target bauran energi terbarukan nasional, serta berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca (Anastasia Muhtar, G., 2019). Oleh karena itu, pengembangan PLTB di wilayah-wilayah ini berpotensi memberikan manfaat jangka panjang dalam hal keberlanjutan energi dan pengurangan dampak lingkungan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, Provinsi Gorontalo memiliki potensi besar untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB), dengan keempat lokasi yang dianalisis Pantai Batudaa 1, Pantai Batudaa 2, Kwandang, dan Sumalata menunjukkan kecepatan angin yang cukup tinggi dan kapasitas listrik yang dapat dihasilkan antara 146 kW

hingga 170 kW per turbin. Total kapasitas yang dapat dihasilkan dari 30 turbin di seluruh lokasi mencapai 18,9 MW, yang menunjukkan bahwa Gorontalo memiliki potensi besar untuk mendukung target bauran energi terbarukan dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Untuk memaksimalkan potensi ini, disarankan agar pemerintah daerah bersama sektor terkait melakukan studi kelayakan lebih mendalam dan memperhatikan aspek teknis, ekonomi, dan sosial dari pengembangan PLTB. Penguatan regulasi dan pemberian insentif fiskal juga diperlukan, serta perlu diperhatikan dampak sosial-ekonomi bagi masyarakat lokal, seperti peningkatan lapangan pekerjaan dan akses terhadap energi bersih. Dengan langkah-langkah ini, pengembangan PLTB di Gorontalo dapat berkontribusi dalam pencapaian target energi terbarukan nasional dan mendukung keberlanjutan energi di masa depan.

DAFTAR REFERENSI

- Anastasia Muhtar, G. (2019). Lokasi pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan metode SIG di Provinsi Gorontalo. *Jurnal Azimut*, 2(2), 155–164. <https://ojs.unitas-pdg.ac.id/index.php/azimut>
- Andayany, H., & Risakota, M. (2019). Potensi energi panas bumi dan rekomendasi pemanfaatannya pada daerah Haruku Maluku Tengah. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 13(2), 69–74.
- Ariel Okta Rosetta. (2024). Menggali potensi pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia. *Media Indonesia*. <https://mediaindonesia.com/ekonomi/712691/menggali-potensi-pembangkit-listrik-tenaga-angin-di-indonesia>
- ESDM, K. (2017). 2025, Pemerintah targetkan 1,8 GW pembangkit tenaga bayu terbangun di Indonesia. *ESDM.go.id*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/2025-pemerintah-targetkan-18-gw-pembangkit-tenaga-bayu-terbangun-di-indonesia>
- Gorontalo, R. (2019). PERDA Gorontalo No 7 Th 2019 Ttg Rencana Umum Energi Daerah (RUED 2019).
- Hakim, R. R. al. (2020). 'ANDASIH' Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Model Energi Indonesia, tinjauan potensi energi terbarukan untuk ketahanan.
- Harmoko, U., & Subekti, R. A. (2020). Overview dan analisis potensi pemanfaatan langsung (direct use) panas bumi pada wilayah kerja panas bumi Dieng Jawa Tengah. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 133–141. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10047>
- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2020). Inventarisasi emisi GRK bidang energi. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi Tahun 2020, 41. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-inventarisasi-emisi-gas-rumah-kaca-sektor-energi-tahun-2020.pdf>

- Nurwahyudin, D. S., & Harmoko, U. (2020). Pemanfaatan dan arah kebijakan perencanaan energi panas bumi di Indonesia sebagai keberlanjutan maksimalisasi energi baru terbarukan. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 111–123. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10032>
- Pranata, A. (2024). Geliat pemanfaatan EBT di Sulawesi, transisi energi bukan angan. *IDN Times Sulsel*. <https://s Sulsel.idntimes.com/news/sulsel/aanpranata/geliat-pemanfaatan-ebt-di-sulawesi-transisi-energi-bukan-angan>
- Ruen, R. U. E. N. (2017). Ruen. *Notes and Queries*, S7-xi(287), 508. <https://doi.org/10.1093/nq/s7-xi.287.508-b>
- Surianto. (2023). Analisis potensi energi angin sebagai energi alternatif pembangkit listrik tenaga angin (Studi Kasus: Blangkejeren Kabupaten Gayo Lues Aceh).
- Yunginger, R., & Sune, N. N. (n.d.). Analisis energi angin sebagai energi alternatif pembangkit listrik di kota Gorontalo.