

POTENSI SUMBER ENERGI ANGIN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DI KALIMANTAN UTARA

Dady Sulaiman⁽¹⁾, Siti Maria Ulva⁽²⁾, Ayu Lingga Ratna Sari⁽³⁾

^{1,2,3}Jurusan Fisika, Universitas Kaltara, Tanjung Selor

E-mail: dadysulaiman92@gmail.com

ABSTRACT

Every year, Indonesia experiences an increase in energy demand due to population growth. To support sustainable development and national energy security, the development of renewable energy sources is crucial. Wind energy is a renewable resource that can be harnessed in Indonesia. This study aims to analyze the potential of wind energy sources in Indonesia, particularly in North Kalimantan. The data used includes the average wind speed in North Kalimantan from 2019 to 2023. The calculations show that the highest electrical power was recorded in Nunukan Regency in 2019 with a value of 981.80 W, while the lowest was in 2020 in Bulungan and Tarakan with a value of 34.31 W. After analysis, Nunukan was found to have the best wind energy potential compared to Bulungan and Tarakan. With wind speeds ranging from 3 m/s to 5.2 m/s in recent years, Nunukan is suitable for the development of small wind turbines.

Keywords : Renewable Energy, Wind Power Plant, Wind Speed, North Kalimantan

ABSTRAK

Setiap tahun, Indonesia mengalami peningkatan permintaan energi seiring pertumbuhan populasi. Untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan ketahanan energi nasional, pengembangan sumber energi terbarukan menjadi krusial. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi sumber energi angin di Indonesia, khususnya di Kalimantan Utara. Data yang digunakan adalah kecepatan angin rata-rata di Kalimantan Utara dari tahun 2019 hingga 2023. Hasil perhitungan menunjukkan daya listrik tertinggi terdapat di Kabupaten Nunukan pada tahun 2019 dengan nilai 981,80 W, sedangkan terendah pada tahun 2020 di Bulungan dan Tarakan dengan nilai 34,31 W. Setelah dianalisis, Nunukan memiliki potensi energi angin terbaik dibandingkan Bulungan dan Tarakan, dengan kecepatan angin yang lebih tinggi dan stabil, mencapai 3 m/s hingga 5,2 m/s, menjadikannya cocok untuk pengembangan turbin angin kecil.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Kecepatan Angin, Kalimantan Utara

Article History

Received : 15 Juni 2024

Accepted : 20 Juni 2024

Revised : 17 Juni 2024

Published : 30 Juni 2024

Sitasi:

Sulaiman, D., Ulva, S.M., Sari, A.L.R. (2024) Potensi Sumber Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik di Kalimantan Utara. Jurnal Sains Benuanta, 3(2), 8-14. DOI: <https://doi.org/10.61323/jsb.v3i1.116>

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kebutuhan primer hampir di setiap negara. Setiap tahunnya Indonesia mengalami peningkatan permintaan energi karena pertumbuhan penduduk, sehingga memerlukan eksplorasi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan (Al

Hakim, 2020; Alawiyah et al., 2023; Solikah & Bramastia, 2024; Sulaiman et al., 2020). Ada berbagai sumber daya yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan seperti air, panas bumi, matahari, angin, dan biomassa (Alawiyah et al., 2023; Kholiq, 2015; Romadhoni et al., 2021; Rumahorbo & Nursadi, 2023). Sumber energi alternatif ini dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang terbatas serta ramah lingkungan (Rumahorbo & Nursadi, 2023; Sulaiman et al., 2020; Ulva et al., 2023). Pemerintah Indonesia telah menargetkan 17% pasokan energi berasal dari sumber terbarukan pada tahun 2025 (Solikah & Bramastia, 2024). Namun, potensi penuh energi terbarukan masih belum dimanfaatkan karena kurangnya peraturan khusus yang mengatur perencanaan, implementasi, dan pemanfaatan (Rumahorbo & Nursadi, 2023). Untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan ketahanan energi nasional, sangat penting untuk mengembangkan regulasi yang komprehensif dan mendorong adopsi energi terbarukan skala kecil di masyarakat (Al Hakim, 2020; Romadhoni et al., 2021; Rumahorbo & Nursadi, 2023).

Teknologi pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia telah diterapkan di Indonesia. Salah satu PLT Angin yang aktif hingga saat ini adalah PLT Angin di Sidenreng Rappang dan Turatea Provinsi Sulawesi Selatan dengan total daya sebesar 147 MW (Pambudi et al., 2023). Kedua PLT ini menggunakan turbin poros horizontal dengan diameter masing – masing 57 m dan 63 m (Muhajir & Sinaga, 2021). Jenis turbin ini memiliki mekanisme pembangunan skala besar untuk menopang berat sudu yang ada di turbin ini (Febriyani et al., 2021). Selain turbin poros horizontal, Indonesia telah mengembangkan beberapa PLT angin dengan turbin poros vertikal seperti penggunaan Turbin angin untuk meningkatkan tangkapan ikan nelayan (Arsyad et al., 2021) serta sebagai penerangan jalan (Aziz & Sukma, 2020).

Kondisi geografis Indonesia menawarkan potensi yang signifikan untuk pemanfaatan energi angin. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki lokasi yang menguntungkan untuk mengembangkan sumber energi alternatif seperti tenaga angin (Noviaranti et al., 2020). Topografi negara yang bergunung-gunung dan berbukit juga berkontribusi terhadap potensi energi terbarukannya (Taufiqurrahman & Windarta, 2020). Sistem angin lokal mendominasi di daerah seperti Teluk Bone, dengan angin laut 3-8 m/s pada siang hari dan angin darat 2-4 m/s pada malam hari, sehingga cocok untuk pengembangan energi angin skala kecil (Dewita et al., 2015). Kondisi tersebut mendukung komitmen Indonesia dalam mencapai target energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2030 (Taufiqurrahman & Windarta, 2020).

Kalimantan Utara, sebagai provinsi termuda di Indonesia, menghadapi tantangan dalam pemanfaatan energi terbarukan khususnya energi angin. Meskipun provinsi ini memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, sektor pertambangan dan penggalian masih mendominasi perekonomian (Singal & Jumario, 2019). Untuk mengatasi hal ini, pemerintah daerah didorong untuk mengembangkan energi terbarukan sebagai sumber listrik dan memanfaatkan potensi hutan untuk perdagangan karbon (Singal & Jumario, 2019). Namun, infrastruktur yang terbatas dan belum merata serta transportasi yang belum terjadwal menjadi kendala dalam pengembangan potensi wisata, termasuk geowisata (Permadi et al., 2019). Studi di Banda Aceh menunjukkan bahwa pemanfaatan energi angin sangat bergantung pada kecepatan angin dan luas area sapuan rotor, dengan output daya yang bervariasi sepanjang tahun (Mulkan et al., 2022). Pengembangan sumber energi alternatif, termasuk angin, perlu terus digalakkan melalui kebijakan pemerintah (Mulkan et al., 2022). Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan pemanfaatan sumber energi angin di Kalimantan Utara yakni kondisi geografis dan iklim yang cenderung stabil dan kuat (Ulva et al., 2023).

Penelitian komprehensif tentang pengembangan energi angin di Kalimantan Utara diperlukan karena potensi yang terbatas yang diamati dalam studi yang ada. Kota Tarakan, memiliki variabilitas angin tinggi dengan kecepatan yang dominan rendah, sehingga memungkinkan untuk pembangkit listrik skala kecil (Fadlullah et al., 2019). Kabupaten

Nunukan, dengan rasio elektrifikasi yang rendah, memiliki potensi sumber energi terbarukan, termasuk angin, air, dan matahari (Susandari et al., 2022). Untuk memahami sepenuhnya potensi energi angin di wilayah tersebut, diperlukan studi komprehensif, seperti yang dilakukan di Kabupaten Merauke, di mana sistem pembangkit listrik tenaga angin-matahari hibrida dikembangkan dan dipelajari (Hardiantono & Sumbung, 2016). Penelitian semacam itu akan memberikan wawasan berharga tentang kelayakan dan karakteristik energi angin di Kalimantan Utara. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi sumber energi terbarukan khususnya sumber energi angin sebagai pembangkit listrik di Kalimantan Utara.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data kecepatan angin rata – rata di Kalimantan Utara. Rentang data dari tahun 2019 – 2023. Data ini diambil dari empat UPT BMKG BPS melalui BPS Kalimantan Utara (BPS, 2024). UPT BMKG terdapat di 3 Kabupaten/ Kota di Kalimantan Utara yakni Tarakan, Tanjung Selor, dan Nunukan. Data ini kemudian diolah dan dianalisa untuk melihat potensinya sebagai sumber energi terbarukan.

Tabel 1. Asumsi Data Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Besaran	Simbol	Nilai
jari -jari	r	0.5 m
luas	A	$0.785 m^2$
kerapatan udara	ρ	$1.149 kg/m^3$
Efisiensi Rotor	cp	0.42
Efisiensi Gearbox	η_{Tr}	90%
Efisiensi Generator	η_G	80%
Efisiensi Baterai	η_B	80%

Analisa data kecepatan angin menggunakan pers. 1 – 4 berdasarkan asumsi pada Tabel 1. Persamaan 1 merupakan laju alir massa udara dengan asumsi jari – jari rotor 0.5 m dan kerapatan udara $1.149 kg/m^3$. Persamaan 2 digunakan untuk menghitung Energi Kinetik secara teori yang dihasilkan oleh rotor. Persamaan 3 adalah Daya listrik dengan asumsi efisiensi tertentu.

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v \quad \text{Pers. 1}$$

$$Ek = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot v^2 \quad \text{Pers. 2}$$

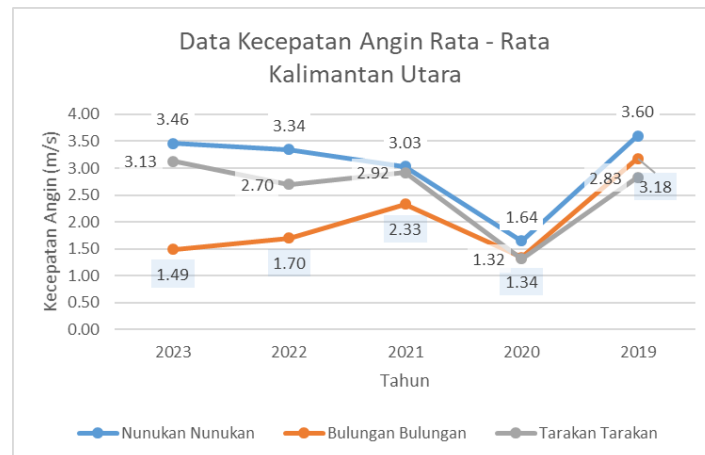
$$P_{maks} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot cp \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_G \cdot \eta_B \quad \text{Pers. 3}$$

$$Densitas\ Energi = \frac{P}{A} \quad \text{Pers. 4}$$

(Novrita et al., 2021)

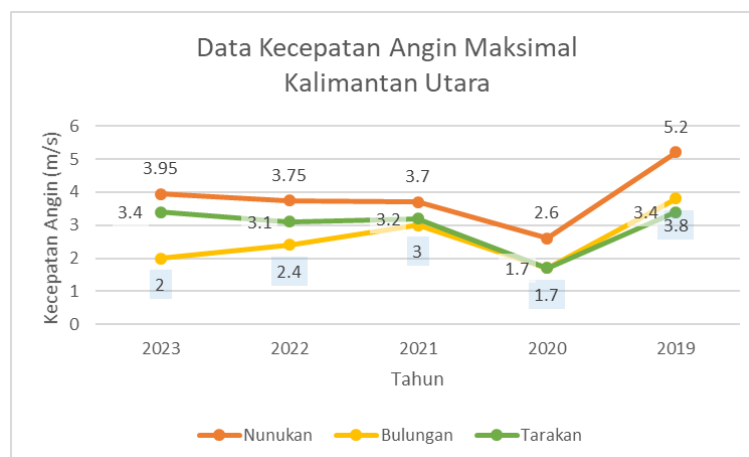
3. Hasil dan Pembahasan

Data penelitian ini merupakan kecepatan angin yang terdiri dari dua bagian yakni data bulanan dari BPS Kalimantan Utara dari tahun 2019 – 2023 pada Gambar 1 dan 2. Pada Gambar 1, terlihat bahwa ketiga wilayah mengalami penurunan kecepatan angin rata-rata yang signifikan pada tahun 2020. Tren ini sejalan dengan data dari kecepatan maksimal di Gambar 2, yang juga menunjukkan penurunan tajam pada kecepatan angin maksimal di tahun 2020. Di Nunukan, kecepatan angin maksimal turun hingga 2,6 m/s pada 2020, sementara di Bulungan dan Tarakan juga terjadi penurunan drastis menjadi 1,7 m/s. Pada tahun-tahun berikutnya, kedua grafik menunjukkan pemulihan kecepatan angin, baik rata-rata maupun maksimal.



Gambar 1. Data Kecepatan Angin Rata - Rata di Kalimantan Utara Tahun 2019 – 2023

Kecepatan angin rata-rata di Nunukan dan Tarakan mengalami peningkatan bertahap dari tahun 2021 hingga 2023. Nunukan pada 2023 memiliki kecepatan rata – rata 3,46 m/s dan 3.95 m/s untuk kecepatan maksimal. Sementara itu, Tarakan menunjukkan peningkatan signifikan dengan kecepatan maksimal mencapai 3,4 m/s pada 2023. Berbeda dengan Tarakan dan Nunukan, Bulungan mengalami penurunan dari 2,3 pada tahun 2021 hingga menjadi 1,49 pada tahun 2023.



Gambar 2. Data Kecepatan Angin Maksimal di Kalimantan Utara Tahun 2019 - 2023

Setelah dianalisis, kisaran kecepatan angin yang dicapai oleh masing – masing daerah berbeda setiap tahunnya. Nunukan mencapai kisaran (2,6 – 5,2) m/s, Bulungan mencapai kisaran (1,7 – 3,8) m/s, dan Tarakan mencapai kisaran (1,7 – 3,4) m/s. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan angin rata – rata di Kalimantan Utara berada pada kisaran 1,7 m/s hingga 5,2 m/s dimana kecepatan angin dengan rentang ini termasuk dalam kategori potensi rendah. Meskipun begitu, kecepatan angin ini masih dapat dimanfaatkan sebagai PLT angin. PLT angin yang sesuai adalah PLT dengan turbin poros vertikal yang lebih fleksibel dan mudah dikembangkan (Kinasih, 2024). Selain itu, turbin ini efektif pada kecepatan di bawah 5 m/s (Ismail Nahkoda & Saleh, 2015).

Hasil perhitungan menggunakan persamaan 1 – 4 dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan daya listrik tertinggi terdapat pada kabupaten Nunukan Tahun 2019 dengan nilai 981.80 W dan terendah pada Tahun 2020 di Bulungan dan Tarakan dengan nilai 34.31 W. Sementara rata – rata daya listrik pada masing - masing kabupaten adalah Nunukan 451.35 W, Bulungan 151,67W, dan Tarakan 204 W.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Listrik yang di hasilkan Berdasarkan Data Kecepatan Angin

Daerah	Tahun	v (m/s)	$\dot{m}$ (kg/s)	Ek (Joule)	P_{maks} (W)	$Densitas$ (W/m ²)
Nunukan	2019	5.2	300.17	4058.35	981.80	19.54
	2020	2.6	150.09	507.29	122.72	2.44
	2021	3.7	213.59	1461.99	353.68	7.04
	2022	3.75	216.47	1522.07	368.22	7.33
	2023	3.95	228.02	1778.82	430.33	8.57
Bulungan	2019	3.8	219.36	1583.76	383.14	7.63
	2020	1.7	98.13	141.80	34.31	0.68
	2021	3	173.18	779.30	188.53	3.75
	2022	2.4	138.54	399.00	96.53	1.92
	2023	2	115.45	230.90	55.86	1.11
Tarakan	2019	3.4	196.27	1134.43	274.44	5.46
	2020	1.7	98.13	141.80	34.31	0.68
	2021	3.2	184.72	945.78	228.80	4.55
	2022	3.1	178.95	859.85	208.02	4.14
	2023	3.4	196.27	1134.43	274.44	5.46

Nunukan memiliki potensi paling baik sebagai PLT angin di Kalimantan Utara, dengan kecepatan angin yang lebih tinggi dan stabil serta menghasilkan daya listrik rata-rata tertinggi. Bulungan dan Tarakan memiliki potensi yang lebih rendah karena kecepatan angin yang lebih rendah dan fluktuasi yang lebih besar, sehingga menghasilkan daya listrik yang jauh lebih kecil. Pengembangan sumber energi angin di Kalimantan Utara masih perlu dianalisis lebih lanjut mengingat kecepatan angin yang tergolong rendah di beberapa Kabupaten/ kota di Kalimantan Utara. Oleh karena itu diharapkan penelitian selanjutnya dapat menganalisis teknologi yang sesuai dalam memanfaatkan sumber energi angin di Kalimantan Utara.

4. Simpulan dan Saran

Dari ketiga wilayah yang dianalisis, **Nunukan** memiliki potensi energi angin yang paling baik dibandingkan dengan Bulungan dan Tarakan. Kecepatan angin di Nunukan cenderung lebih tinggi dan stabil. Kecepatan angin yang mencapai 3 m/s hingga 5,2 m/s dalam beberapa tahun terakhir sesuai untuk pengembangan energi angin, terutama untuk turbin angin kecil. Tarakan mungkin juga bisa menjadi alternatif yang baik, terutama di bulan-bulan tertentu dengan kecepatan angin yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, angin di Kalimantan Utara memiliki potensi sebagai sumber energi terbarukan, meski mungkin lebih cocok untuk pembangkit skala kecil atau menengah mengingat kecepatan angin yang rata-rata belum memenuhi syarat optimal untuk turbin angin besar. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menganalisis pembangkit listrik yang sesuai dengan kecepatan angin di daerah Kalimantan Utara.

Daftar Pustaka

- Al Hakim, R. R. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah Ulasan. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 11–21.
<http://www.jurnal.umitra.ac.id/index.php/ANDASIH/article/view/374>

- Alawiyah, S., Romadhoni, W., Ulva, S. M., & Sulaiman, D. (2023). Analisis Sifat Kelistrikan Pada Campuran Kulit Nanas Dan Kulit Singkong Sebagai Energi Terbarukan. *Jurnal Sains Benuanta*, 2(1), 46–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.61323/jsb.v2i1.65>
- Arsyad, M. I., Imansyah, F., Marpaung, J., & Ratiandi, R. (2021). Pengembangan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Nelayan Guna Meningkatkan Kapasitas Ikan Tangkapan. *Jurnal Pengabdian*, 4(1), 62. <https://doi.org/10.26418/jplp2km.v4i1.44472>
- Aziz, M. A. S., & Sukma, H. (2020). Pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi penerangan jalan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), 9–16.
- BPS, K. U. (2024). *Rata-rata Kecepatan Angin Menurut Bulan dan Stasiun (m/det), 2021-2023*. BPS Kalimantan Utara. <https://kaltara.bps.go.id/indicator/151/78/1/rata-rata-kecepatan-angin-menurut-bulan-dan-stasiun.html>
- Dewita, A., Bakar, A. S. A., & Dwicahyo, K. (2015). Pemanfaatan WRF-ARW untuk Simulasi Potensi Angin sebagai Sumber Energi di Teluk Bone. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 05(02), 17–23.
- Fadllullah, A., Riyanto, S., & Sudirman. (2019). Estimasi Parameter Weibull Berbasis Metode Power Density (Studi Kasus : Kota Tarakan). *Jurnal Inovtek Polbeng*, 09(01). <https://doi.org/https://doi.org/10.35314/ip.v9i1.966>
- Febriyani, M. W., Sukerayasa, I. W., & Partha, C. G. I. (2021). Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi Angin Exhaust Fan Dengan Pengaruh Jarak Turbin Angin Sumbu Horizontal Bilah Exhaust Fan. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(2), 194–201. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/77107/41000>
- Hardiantono, D., & Sumbung, F. H. (2016). Rancang Bangun Unit Pembangkitan Dan Modul Pengukurannya Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Angin Dan Matahari). *Mustek Anim Ha*, 5(3), 231–245. <https://doi.org/10.35724/mustek.v5i3.629>
- Ismail Nahkoda, Y., & Saleh, C. (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 19–24. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/974/891>
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 75–91. [https://doi.org/10.1016/S1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/S1877-3435(12)00021-8)
- Kinasih, R. E. (2024). Studi Literatur: Analisis Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin pada (PLTA) Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya (PHYDAGOGIC)*, 6(2). <https://doi.org/10.31605/phy.v6i2.3332>
- Muhajir, F. Al, & Sinaga, N. (2021). Tinjauan Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Pembangkit Listrik di Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik*, 15(1), 55–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7326888>
- Mulkan, A., Nazaruddin, & Abd, M. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA (JITU)*, 3(1), 74–83.
- Noviaranti, A., Si, M., & Qurthobi, A. (2020). Pengaruh Kelengkungan Sudu terhadap Tegangan dan Arus yang Dihasilkan Turbin Angin Savonius Tipe U. *E-Proceeding of Engineering*, 7(2), 4371–4376.
- Novrita, R. R., Sudarti, & Yushardi. (2021). Analisis Potensi Energi Angin di Tambak Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Journal of Research and Education Chemistry*, 3(2), 96–112. [https://doi.org/https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3\(2\).7165](https://doi.org/https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3(2).7165)
- Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., Salsabila, M. S., Suharno, & Sukatiman. (2023). Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032342>
- Permadi, R. W. A., Hadian, M. S. D., Yustikasari, Nugraha, A., & Wulung, Shandra, R. P.

- (2019). INVENTARISASI POTENSI GEOWISATA DI PROVINSI KALIMANTAN UTARA. *Media Bina Ilmiah*, 14(4), 2513–2520. <https://doi.org/https://doi.org/10.33758/mbi.v14i4.392>
- Romadhoni, W., Sulaiman, D., & Purnama, P. (2021). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Pada Anak Sungai di Bulungan. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 61–66. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.1.61-66>
- Rumahorbo, R. P., & Nursadi, H. (2023). Energi Baru Terbarukan Sumber Daya Air : Manfaat Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup. *Jurnal Darma Agung*, 31(1), 185. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v31i1.2967>
- Singal, R. Z., & Jumario, N. (2019). Identifikasi Tingkat Risiko Kawasan Rentan Bencana Alam Banjir Sungai Kayan Kabupaten Bulungan Berbasis Geografis Informasi Sistem. *POTENSI: Jurnal Sipil Politeknik*, 21(2), 65–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.35313/potensi.v21i2.1674>
- Solikhah, A. A., & Bramastia, B. (2024). Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 27–43. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>
- Sulaiman, D., Romadhoni, W., & Arlina. (2020). Analisis Karakteristik Kelistrikan Campuran Belimbing Wuluh dan Jeruk Lemon Sebagai Sumber Listrik. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 8(2), 63–68.
- Susandari, S. M., Burhan, J., & Yunus, M. (2022). Potensi Pengembangan Energi Baru Terbarukan Dalam Mendukung Pertumbuhan Kawasan Perbatasan Di Kabupaten Nunukan. *Jurnal Teknik | Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, 23(1), 48–55. <https://doi.org/10.33751/teknik.v23i1.5624>
- Taufiqurrahman, A., & Windarta, J. (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 124–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10036>
- Ulva, S. M., Sabri, Sari, A. L. R., & Sulaiman, D. (2023). Simulasi Konversi Energi Kinetik Menjadi Energi Listrik Pada Kincir Angin 3 Sudu Sumbu Horizontal. *Jurnal Sains Benuanta*, 2(2), 26–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.61323/jsb.v2i2.82>