

Analisis Potensi Matahari dan Angin menggunakan *Reanalysis Dataset* ECMWF dan NASA POWER di Pulau Teupah

Lisman¹, Ira Devi Sara¹, Tarmizi¹

¹Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Banda Aceh - 23127, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received June 26, 2023
Revised August 15, 2023
Accepted August 15, 2023

Keywords:

ECMWF;
NASA;
Reanalysis Dataset;
Matahari;
Angin;

ABSTRACT

Analysis of renewable energy potential uses many datasets from secondary sources such as Solargis, ECMWF, NASA, and Meteonorm because they can provide relevant and consistent information in the long term for decades. This study compares solar and wind energy potential using a reanalysis of the ECMWF and NASA POWER datasets on Teupah Island on an hourly scale from 2012 to 2021. The analytical method used is quantitative and descriptive. As a result, the potential for solar and wind energy for the ECMWF dataset is more significant than for the NASA POWER dataset. However, the solar and wind energy potential characteristics per day and month for the ECMWF and NASA POWER datasets are similar. The potential for solar energy on Teupah Island should be developed as a renewable energy generator rather than the potential for wind energy at an altitude of fewer than 50 meters.

Analisis potensi energi terbarukan banyak menggunakan dataset dari sumber sekunder seperti Solargis, ECMWF, NASA, dan Meteonorm karena dapat memberikan informasi yang relevan dan konsisten dalam jangka panjang sampai puluhan tahun. Penelitian ini membandingkan potensi energi matahari dan angin menggunakan *reanalysis dataset* ECMWF dan NASA POWER di Pulau Teupah dalam skala jam dari tahun 2012 sampai 2021. Metode analisis yang digunakan adalah kuantitatif dan deskriptif. Hasilnya, potensi energi matahari dan angin untuk dataset ECMWF lebih besar dibandingkan dataset NASA POWER. Namun secara karakteristik potensi energi matahari dan angin baik perhari dan perbulan untuk dataset ECMWF dan dataset NASA POWER tidak berbeda secara signifikan. Potensi energi matahari di Pulau Teupah lebih direkomendasikan untuk dikembangkan sebagai pembangkit energi terbarukan daripada potensi energi angin pada ketinggian kurang dari 50 Meter.

Corresponding Author:

Lisman, Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala,
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Banda Aceh - 23127, Indonesia
Email: lisman_20@mhs.unsyiah.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pengembangan pembangkit listrik alternatif membutuhkan informasi potensi energi terbarukan yang aktual dan akurat [1] sebagai dasar evaluasi dan perhitungan harga keekonomian pembangkit energi terbarukan dalam menghasilkan energi [2]. Untuk mendapatkan informasi ini, dibutuhkan pengukuran langsung baik matahari maupun angin dalam jangka waktu yang lama [3], [4]. Secara umum ada dua sumber data yang digunakan untuk menganalisis potensi energi terbarukan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan melakukan pengukuran langsung, baik yang dilakukan mandiri atau dilakukan lembaga seperti BMKG [5]. Sedangkan, data sekunder diperoleh dari badan atau lembaga yang menerbitkan data meteorologi dalam format *reanalysis dataset* seperti Solargis, ECMWF, NASA, dan Meteonorm [6], [7]. ECMWF dan NASA merupakan dua lembaga penyedia *reanalysis dataset* paling populer [8]. *The European*

Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) merupakan lembaga penelitian yang menghasilkan prakiraan cuaca numerik, dengan salah satu produk penelitian meteorologi yang dihasilkan adalah ERA-5 [9] sedangkan NASA POWER adalah arsip data berbasis web serta portal berbasis web yang menyediakan akses potensi data cloud, radiasi, dan meteorologi NASA dengan bekerja sama dengan mitra dari pemerintah, industri komersial, pendidikan, dan organisasi nirlaba [10].

Di Indonesia, penelitian potensi matahari atau angin menggunakan data pengukuran langsung dalam jangka panjang belum pernah dilakukan karena berbagai keterbatasan. Faisal, dkk. [11] melakukan pengukuran kecepatan angin selama tiga bulan untuk menganalisis potensi energi angin sebagai pembangkit listrik tenaga bayu skala mikro di Kabupaten Dompu. Selanjutnya Endriatno, dkk. [12] juga melakukan pengukuran radiasi matahari pada bulan September 2019 dari pukul 07:00 sampai 17:00 untuk menganalisis potensi energi matahari di Kota Kendari.

Penelitian potensi matahari atau angin yang menggunakan data dari Stasiun BMKG sudah dilakukan. Murniati [13] menggunakan data BMKG Stasiun Banyuwangi dari tanggal 21 sampai 30 April 2021 untuk menganalisis potensi energi angin sebagai pembangkit listrik. Satwika, dkk. [14] menggunakan data empat stasiun BMKG di Provinsi Bali dari tahun 2012 sampai 2016 untuk menilai ketersediaan energi angin masing-masing daerah. Khairiaton, dkk. [1] menggunakan data tahun 2012 sampai 2015 dari stasiun BMKG Blang Bintang untuk menganalisis kecepatan angin yang berpotensi digunakan sebagai penggerak turbin angin. Selanjutnya Wijanarko, dkk. [15] menggunakan data tahun 2015 sampai 2019 dari sepuluh stasiun BMKG untuk mengevaluasi potensi energi angin di Provinsi Jawa Barat, Papua, dan Kalimantan Timur.

Karena ada beberapa keterbatasan data primer baik pengukuran langsung maupun menggunakan data BMKG, maka saat ini banyak peneliti menggunakan data sekunder untuk menganalisis potensi energi matahari dan angin [3], [16]. *Reanalysis dataset* dapat memberikan berbagai data yang relevan dan konsisten untuk menganalisis potensi energi matahari dan angin dalam jangka waktu yang lama sampai puluhan tahun [17].

Di Indonesia, penelitian potensi energi matahari dan angin menggunakan *reanalysis dataset* sudah mulai dilakukan. Saputra [18] menggunakan data ECMWF pukul 00:00, 06:00, 12:00, dan 18:00 tahun 2018 untuk menganalisis potensi energi angin di Pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar. Kemudian Priyanto, dkk. [19] menggunakan data NASA POWER tahun 2017 untuk menganalisis potensi energi angin sebagai pembangkit listrik skala kecil di Kota Banda Aceh. Selanjutnya Hasibuan, dkk. [20] menggunakan data NASA POWER tahun 2020 untuk menentukan jenis turbin angin yang sesuai dengan karakteristik energi angin di Pulau Balai.

Pulau Teupah sebagai salah satu lokasi tujuan wisata di Kabupaten Simeulue, Aceh, masih menggunakan generator diesel untuk memenuhi kebutuhan energi listrik penduduknya [21]. Hal ini belum sejalan dengan rencana pengembangan wisata *Green Tourism* sebagai salah satu upaya mencapai target *net zero emission* pada tahun 2060. Sehingga sebelum menggunakan pembangkit energi terbarukan di Pulau Teupah sesuai dengan sumber yang tersedia secara lokal, perlu dilakukan analisis potensi energi matahari dan angin.

Penelitian ini membandingkan potensi matahari dan angin menggunakan *reanalysis dataset* ECMWF dan NASA POWER dari tahun 2012 sampai 2021 dalam skala jam. Pendekatan kuantitatif dan deskriptif digunakan untuk menganalisis potensi energi matahari dan angin di Pulau Teupah. Hasil akhir dari penelitian ini adalah memberi informasi potensi energi matahari atau energi angin yang layak digunakan sebagai sumber pembangkit mandiri sebagai pengganti generator diesel maupun sebagai sumber pembangkit *hybrid*.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Secara geografis Pulau Teupah terletak di 2° 21' 8" Lintang Utara dan 96° 14' 23" Bujur Timur. Luas wilayah Pulau Teupah adalah 8,18 km² dengan jumlah penduduk tahun 2022 adalah 359 jiwa.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada penelitian ini, data radiasi matahari dan kecepatan angin yang digunakan adalah *reanalysis dataset* ECMWF dan NASA POWER. Informasi rinci data yang dikumpulkan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pengumpulan *reanalysis dataset*

Dataset	Tahun	Parameter	Jenis Data	Referensi
ECMWF	2012 - 2021	- surface solar radiation downwards	per jam	[22]
		- 10m u-component of wind		
		- 10m v-component of wind		
NASA POWER	2012 - 2021	- All Sky Surface Shortwave Downward	per jam	[23]
		- Wind Speed at 10 Meters		
		- Wind Direction at 10 Meters		

Data hasil unduhan dalam format berekstensi NetCDF kemudian diekstrak dan dikonversi menggunakan aplikasi ODV (*Ocean Data Viewer*) sehingga diperoleh data ODV *Spreadsheet* yang berekstensi txt. Kemudian file txt tersebut diolah menggunakan aplikasi Notepad atau yang sejenis dan aplikasi Microsoft Excel atau yang sejenis, sehingga didapatkan data radiasi matahari dan kecepatan angin. Data-data tersebut kemudian diolah dan ditabulasi menggunakan aplikasi Microsoft Excel atau yang sejenis agar didapatkan karakteristik potensi energi matahari dan angin di Pulau Teupah. Penelitian ini juga menggunakan aplikasi WRPLOT View untuk mendapatkan data visualisasi arah angin atau *Wind Rose*.

2.3 Penilaian Radiasi Matahari

Data *Global Horizontal Irradiance* (GHI) tahunan, dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) [24].

$$I_{\text{annual}} = \sum_{i=1}^{12} I_i N_i \quad (1)$$

Dimana I_{annual} adalah total GHI tahunan (kWh/m^2); I_i adalah radiasi matahari rata-rata bulanan (kWh/m^2); N_i adalah jumlah hari dalam setiap bulan; i adalah jumlah setiap bulan.

Klasifikasi potensi energi matahari pada suatu lokasi, dapat dilihat pada **Tabel 2** [24].

Tabel 2. Klasifikasi energi matahari

Kelas Energi Matahari	Potensi	Radiasi Matahari ($\text{kWh/m}^2/\text{tahun}$)
1	Sangat Bagus	> 1.850
2	Bagus	1.750 – 1.850
3	Sedang	1.400 – 1.750
4	Buruk	< 1.400

2.4 Penilaian Kecepatan Angin

Kecepatan angin pada ketinggian tertentu dapat dihitung berdasarkan kecepatan angin pada ketinggian referensi menggunakan Persamaan (2) [25].

$$v = v_{\text{ref}} \left(\frac{h}{h_{\text{ref}}} \right)^\alpha \quad (2)$$

Dimana v_{ref} adalah kecepatan angin pada ketinggian referensi, h_{ref} , v adalah kecepatan angin pada ketinggian yang diinginkan, h ; dan α adalah koefisien geser angin.

Tabel 3. Koefisien geser angin α [26]

Tippe daerah	α
Tanah keras yang halus, air yang tenang	0,1
Rumput tinggi di tanah datar	0,15
Tanaman tinggi, pagar tanaman dan semak belukar	0,2
Pedesaan berhutan, banyak pohon	0,25
Kota kecil dengan pepohonan dan semak belukar	0,3
Kota besar dengan gedung-gedung tinggi	0,4

Penelitian ini menggunakan fungsi densitas probabilitas $f(v)$ Weibull dua paramater untuk menganalisis potensi energi angin sesuai Persamaan (3) [24].

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

Dimana k parameter bentuk untuk menggambarkan variabilitas dan stabilitas angin dan c parameter skala.

Fungsi distribusi kumulatif Weibull $F(v)$ sesuai Persamaan (4) digunakan untuk mendapatkan turbin angin yang tepat dan sesuai karakteristik angin [24].

$$F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (4)$$

Parameter k dan c dihitung menggunakan metode *maximum likelihood* sesuai dengan Persamaan (5) dan Persamaan (6) [27].

$$k = \left[\frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i)}{\sum_{i=1}^n v_i^k} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(v_i)}{n} \right]^{-1} \quad (5)$$

$$c = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^k \right]^{1/k} \quad (6)$$

Metode Newton-Raphson digunakan untuk mendapatkan nilai iterasi sampai diperoleh parameter k yang konsisten seutuhnya (*completely consistent*) dari banyaknya data n sesuai Persamaan (7).

$$k_{i+1} = k_i - \frac{f(k_i)}{f'(k_i)} \quad (7)$$

Dimana i adalah nilai iterasi. Fungsi $f(k_i)$ dihitung dengan Persamaan (8).

$$f(k_i) = \frac{n}{k} - n \frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i)}{\sum_{i=1}^n v_i^k} + \sum_{i=1}^n \ln(v_i) \quad (8)$$

Dan fungsi $f'(k_i)$ dihitung dengan Persamaan (9).

$$f'(k_i) = -\frac{n}{k^2} - n \frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i)^2 \sum_{i=1}^n v_i^k - (\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i))^2}{(\sum_{i=1}^n v_i^k)^2} \quad (9)$$

Fungsi iterasi k_{i+1} dikatakan konsisten seutuhnya (*completely consistent*) jika memenuhi syarat $f(k_i) = 0$ dan $k_{i+1} = k_i$ [28].

Berdasarkan fungsi densitas probabilitas kecepatan angin, densitas tenaga angin P_D dapat dihitung menggunakan Persamaan (10) [24].

$$P_D = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (10)$$

Dimana ρ densitas udara, $\rho=1,225 \text{ kg/m}^3$ dan Γ fungsi gamma sesuai Persamaan (11) [29].

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{(x-1)} \exp(-t) dt \quad (11)$$

Densitas tenaga angin pada ketinggian tertentu h dapat dihitung menggunakan Persamaan (12) [25].

$$P_D = P_{Dref} \left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^{3\alpha} \quad (12)$$

Dimana P_D adalah densitas tenaga angin pada ketinggian h dan P_{Dref} adalah densitas tenaga angin pada ketinggian h_{ref} .

Klasifikasi potensi energi angin dapat dilihat pada **Tabel 4** [24].

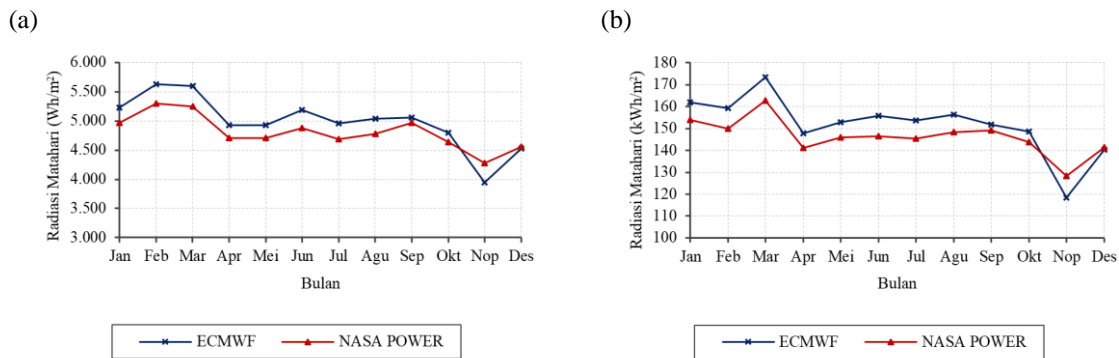
Tabel 4. Potensi energi angin

Kelas Tenaga Angin	Potensi	Densitas Tenaga Angin (W/m^2)	Kecepatan Angin Rata-rata Tahunan (m/s)
1	Buruk	< 100	4,4
2	Cukup	100 - 150	5,1
3	Sedang	150 - 200	5,6
4	Bagus	200 - 250	6
5	Bagus Sekali	250 - 300	6,4
6	Bagus Sekali	300 - 400	7
7	Bagus Sekali	400 - 1.000	9,4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

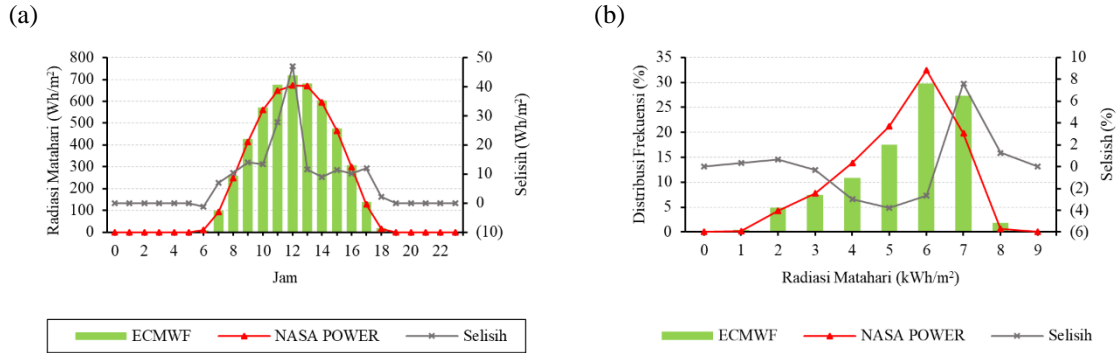
3.1 Potensi Energi Matahari

Berdasarkan **Gambar 2**, radiasi matahari harian dan bulanan untuk dataset ECMWF lebih tinggi dibandingkan dataset NASA POWER, kecuali pada bulan Nopember. Radiasi matahari harian tertinggi terjadi pada bulan Februari dan Maret, sedangkan radiasi matahari bulanan tertinggi terjadi pada bulan Maret. Radiasi matahari terendah terjadi pada bulan Nopember, baik secara harian maupun bulanan. Hal ini disebabkan oleh curah hujan tertinggi juga terjadi pada bulan Nopember [30, p. 22]. Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Rifai, dkk. [31], semakin tinggi curah hujan maka secara signifikan menurunkan intensitas radiasi matahari karena curah hujan yang tinggi menyebabkan kandungan uap air di udara menyerap intensitas radiasi matahari cukup tinggi.



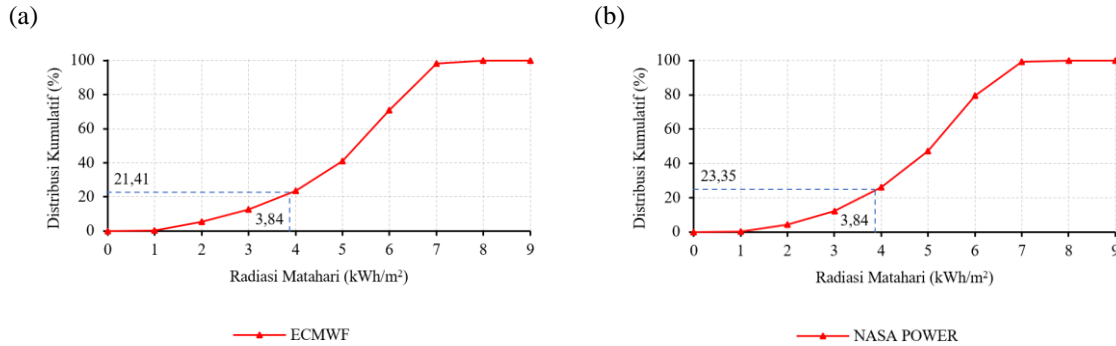
Gambar 2. Karakteristik radiasi (a) per hari dan (b) per bulan

Berdasarkan **Gambar 3**, karakteristik radiasi matahari per jam untuk dataset ECMWF lebih tinggi dari dataset NASA POWER kecuali pada pukul 6 pagi. Selisih radiasi matahari terbesar terjadi pada pukul 12 siang. Radiasi matahari harian sebesar $6 kWh/m^2$ merupakan radiasi matahari tertinggi kemunculannya di Pulau Teupah baik dataset ECMWF maupun NASA POWER. Radiasi matahari harian untuk dataset NASA POWER yang lebih sering muncul adalah $3 - 6 kWh/m^2$, sedangkan radiasi matahari harian untuk dataset ECMWF yang lebih sering muncul adalah $1 - 2 kWh/m^2$ dan $7 - 9 kWh/m^2$.



Gambar 3. Karakteristik radiasi (a) per jam dan (b) Distribusi frekuensi

Radiasi matahari berkategori cukup berpotensi harus lebih besar dari 1.400 kWh/m² per tahun atau minimal sebesar 3,84 kWh/m² per hari. Berdasarkan **Gambar 4**, distribusi kumulatif radiasi matahari harian lebih dari 3,84 kWh/m² untuk dataset ECMWF sebesar 78,59% atau sekitar 286,86 hari, sedangkan untuk dataset NASA POWER sebesar 76,65% atau sekitar 279,77 hari.



Gambar 4. Distribusi kumulatif (a) Dataset ECMWF dan (b) Dataset NASA POWER

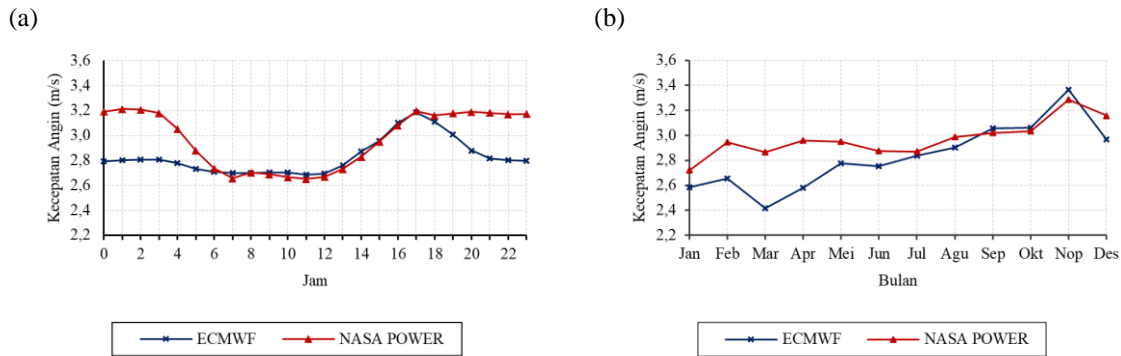
Berdasarkan **Tabel 5**, potensi energi matahari di Pulau Teupah termasuk dalam kategori bagus. Radiasi matahari tahunan untuk dataset ECMWF sebesar 1.819,80 kWh/m² lebih tinggi dibandingkan dataset NASA POWER sebesar 1.756,13 kWh/m².

Tabel 5. Potensi energi matahari di Pulau Teupah

Dataset	Radiasi Matahari Tahunan (kWh/m ²)	Potensi
ECMWF	1.819,80	Bagus
NASA POWER	1.756,13	Bagus

3.2 Potensi Energi Angin

Berdasarkan **Gambar 5**, kecepatan angin rata-rata di Pulau Teupah untuk dataset NASA POWER sebesar 2,97 m/s lebih tinggi dibandingkan dataset ECMWF sebesar 2,84 m/s. Kecepatan angin tertinggi untuk dataset ECMWF dan NASA POWER secara harian terjadi pada pukul 17.00 dan secara bulanan terjadi pada bulan Nopember. Kecepatan angin untuk dua dataset tersebut relatif sama secara harian mulai pukul 06.00 sampai 18.00 WIB dan secara bulanan mulai bulan Juni sampai Nopember. Namun, kecepatan angin harian untuk dataset NASA POWER lebih tinggi dibandingkan dataset ECMWF secara harian mulai pukul 19.00 sampai 05.00 WIB dan secara bulanan mulai bulan Desember sampai Mei.

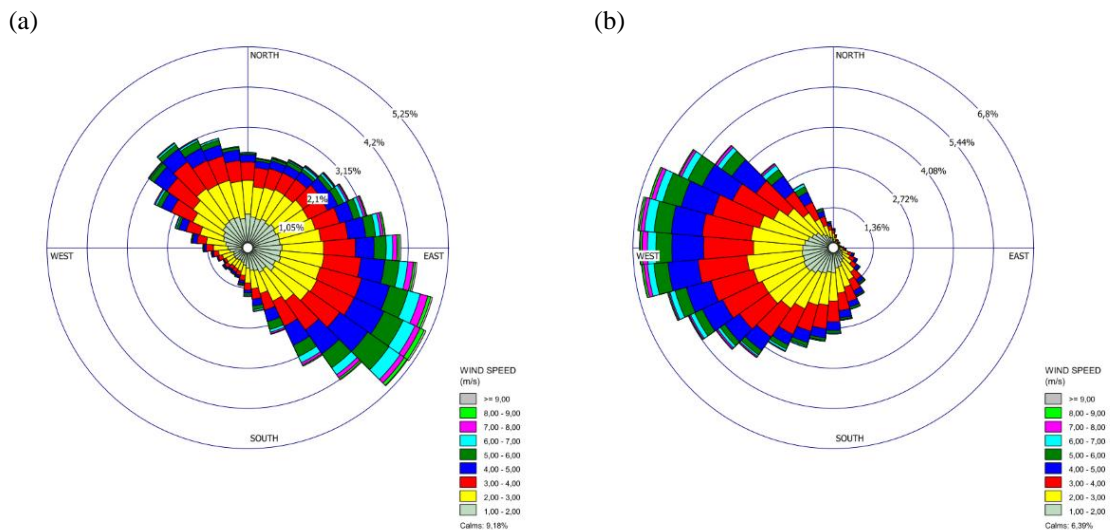


Gambar 5. Karakteristik angin (a) per hari dan (b) per bulan

Berdasarkan **Tabel 6** dan **Gambar 6**, arah tiupan angin di Pulau Teupah untuk dataset ECMWF dominan berasal dari barat laut sampai tenggara sebesar 81,44% atau sekitar 7.134,04 jam dalam setahun, sedangkan untuk dataset ECMWF dominan berasal dari selatan sampai barat laut sebesar 85,50% atau sekitar 7.489,54 jam dalam setahun.

Tabel 6. Persentase *wind rose*

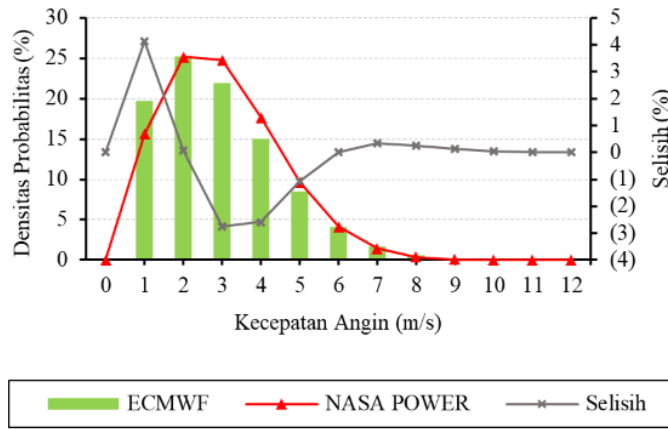
Arah Angin	ECMWF	NASA POWER
Barat	6,49	29,98
Barat Laut	14,55	20,30
Utara	12,90	4,08
Timur Laut	13,51	1,70
Timur	19,06	2,17
Tenggara	21,42	6,55
Selatan	7,65	13,46
Barat Daya	4,42	21,76



Gambar 6. *Wind rose* (a) Dataset ECMWF dan (b) Dataset NASA POWER

Berdasarkan **Gambar 7**, frekuensi kecepatan angin di Pulau Teupah dengan kemunculan tertinggi baik untuk dataset ECMWF maupun dataset NASA POWER berada pada kecepatan 2 m/s. Kecepatan angin untuk

dataset NASA POWER hanya pada kecepatan 2-4 m/s yang frekuensi kemunculannya lebih rendah dari dataset ECMWF.

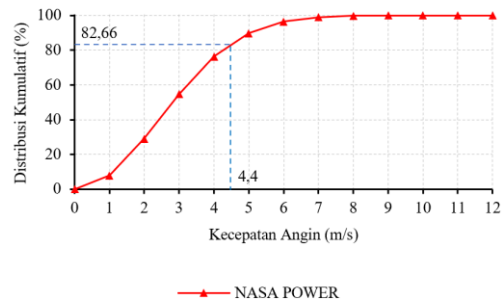
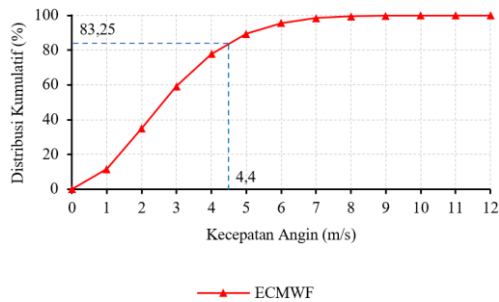


Gambar 7. Densitas Probabilitas Weibull

Berdasarkan **Gambar 8**, kecepatan angin di Pulau Teupah yang lebih besar dari 4,4 m/s agar bisa dimanfaatkan sebagai penggerak turbin angin untuk dataset ECMWF hanya sebesar 16,67% atau sekitar 1.467,65 jam dan untuk dataset NASA POWER hanya sebesar 17,34% atau sekitar 1.519,37 jam.

(a)

(b)



Gambar 8. Distribusi kumulatif (a) Dataset ECMWF dan (b) Dataset NASA POWER

Kecepatan angin yang dapat digunakan sebagai penggerak turbin angin, maka densitas tenaga angin pada ketinggian 10 Meter di Pulau Teupah dapat dihitung menggunakan Persamaan (10) dan hasilnya untuk kedua dataset berpotensi buruk sesuai **Tabel 7**.

Tabel 7. Potensi energi angin di Pulau Teupah

Dataset	k	c	PD (W/m ²)	Potensi
ECMWF	1,80	3,19	29,84	Buruk
NASA POWER	2,07	3,35	29,72	Buruk

Untuk mendapatkan potensi angin berkategori sedang maka turbin angin di Pulau Teupah dapat dipasang pada ketinggian sesuai perhitungan pada **Tabel 8**. Koefesien geser angin (α) yang digunakan adalah 0,25 karena karakteristik daerah di Pulau Teupah merupakan pedesaan dengan banyak tanaman pohon kelapa.

Tabel 8. Ketinggian pemasangan turbin angin

Lokasi	α	P _{Dref}	h _{ref}	P _D	h
ECMWF	0,25	29,84	10,00	100,00	50,16

NASA POWER 0,25 29,72 10,00 100,00 **50,42**

Berdasarkan **Tabel 8**, Kecepatan angin yang cukup untuk memutar turbin angin di Pulau Teupah berada pada ketinggian lebih dari 50 Meter untuk dataset ECMWF dan dataset NASA POWER. Kecepatan angin pada ketinggian 10 sampai 50 Meter dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin angin, tetapi hanya untuk turbin angin skala kecil dengan rancangan khusus. Walaupun demikian, turbin angin tersebut sulit untuk didapatkan karena tidak semua produsen turbin angin memproduksi dan menjualnya secara bebas.

4. KESIMPULAN

Potensi energi matahari dan angin untuk dataset ECMWF lebih besar dibandingkan dataset NASA POWER. Namun secara karakteristik harian dan bulanan, dataset ECMWF dan dataset NASA POWER tidak berbeda secara signifikan. Radiasi matahari minimal yang cukup digunakan sebagai sumber pembangkit energi alternatif sebesar 3,84 kWh/m², frekuensi kemunculan di Pulau Teupah lebih dari 279 hari dalam setahun. Sedangkan kecepatan angin minimal pada ketinggian 10 Meter yang cukup digunakan untuk memutar turbin angin harus lebih besar dari 4,4 m/s, frekuensi kemunculannya hanya sekitar 1.460 jam dalam setahun. Sehingga, energi matahari merupakan sumber energi terbarukan yang lebih berpotensi daripada energi angin pada ketinggian kurang dari 10 sampai 50 Meter. Walaupun demikian, kecepatan angin pada ketinggian 10 sampai 50 Meter dapat juga digunakan untuk memutar turbin angin kecil, tetapi turbin angin tersebut sulit didapat karena tidak diproduksi dan dijual secara bebas. Lokasi pemasangan turbin angin yang sesuai dengan karakteristik energi angin untuk dataset ECMWF berada diantara arah timur sampai tenggara sedangkan untuk dataset NASA POWER berada diantara selatan sampai barat laut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Khairiaton, E. Yusibani, and G. Gunawati, "Analisa Kecepatan Angin Menggunakan Distribusi Weibull di Kawasan Blang Bintang Aceh Besar," *Journal of Aceh Physics Society*, vol. 5, no. 2, pp. 7–13, Nov. 2016.
- [2] Z. Arifin, A. J. Tamamy, and A. Amalia, "Analisis Potensi Energi Sinar Matahari Dan Energi Angin di Pusat Kota Semarang," *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 296–304, Jan. 2019, doi: 10.36055/setrum.v7i2.3999.
- [3] Z. U. R. Tahir, M. Asim, M. Azhar, G. Moeenuddin, and M. Farooq, "Correcting solar radiation from reanalysis and analysis datasets with systematic and seasonal variations," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 25, p. 100933, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.100933.
- [4] S. Rose and J. Apt, "What can reanalysis data tell us about wind power?," *Renewable Energy*, vol. 83, pp. 963–969, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.renene.2015.05.027.
- [5] W. Jatmiko and R. Gernowo, "Analisis Korelasi Citra Data Primer dengan Data Sekunder menggunakan Citra Grid Analysis and Display System (GrADS)," vol. 2, no. 1, pp. 63–70, 2014.
- [6] E. Doddy Clarke, S. Griffin, F. McDermott, J. Monteiro Correia, and C. Sweeney, "Which Reanalysis Dataset Should We Use for Renewable Energy Analysis in Ireland?," *Atmosphere*, vol. 12, no. 5, p. 624, May 2021, doi: 10.3390/atmos12050624.
- [7] J.K. Copper and A.G. Bruce, "Comparison of Annual Global Horizontal Irradiation Maps for Australia," in *Asia-Pacific Solar Research Conference*, Sydney, Australia, 2018.
- [8] H. Miao, D. Dong, G. Huang, K. Hu, Q. Tian, and Y. Gong, "Evaluation of Northern Hemisphere surface wind speed and wind power density in multiple reanalysis datasets," *Energy*, vol. 200, p. 117382, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.117382.
- [9] Z. U. R. Tahir *et al.*, "Evaluation of the reanalysis surface solar radiation from NCEP, ECMWF, NASA, and JMA using surface observations for Balochistan, Pakistan," *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 12, no. 2, p. 023703, Mar. 2020, doi: 10.1063/1.5135381.
- [10] T. Zhang, W. S. Chandler, J. M. Hoell, D. Westberg, C. H. Whitlock, and P. W. Stackhouse, "A Global Perspective on Renewable Energy Resources: Nasa's Prediction of Worldwide Energy Resources (Power) Project," in *Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol. I – Vol. V)*, D. Y. Goswami and Y. Zhao, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 2636–2640. doi: 10.1007/978-3-540-75997-3_532.
- [11] M. Faisal, I. A. S. Adnyani, and Sultan, "Analisis Potensi Energi Angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Skala Mikro di Kabupaten Dompu," *Dielektrika*, vol. 9, no. 1, pp. 26–32, 2022.
- [12] N. Endriatno, S. Sudarsono, B. Sudia, A. I. Imran, A. Aminur, and P. Aksar, "Analisis Potensi Energi Matahari di Kota Kendari," *DJITM*, vol. 11, no. 1, pp. 19–25, Dec. 2019, doi: 10.33772/djitm.v11i1.9055.

- [13] M. E. Murniati, "Analisis Potensi Energi Angin sebagai Pembangkit Energi Listrik Tenaga Angin di Daerah Banyuwangi Kota menggunakan Database Online-BMKG," *JSE*, vol. 6, no. 1, pp. 9–16, Apr. 2022, doi: 10.32502/jse.v6i1.3364.
- [14] N. A. Satwika, R. Hantoro, E. Septyaningrum, and A. W. Mahmashani, "Analysis of wind energy potential and wind energy development to evaluate performance of wind turbine installation in Bali, Indonesia," *JMES*, vol. 13, no. 1, pp. 4461–4476, Mar. 2019, doi: 10.15282/jmes.13.1.2019.09.0379.
- [15] T. Wijanarko, D. Didane, W. Wijianto, M. Al-Ghriyah, N. Nasir, and I. Mat, "Assessing the wind energy potential in provinces of West Java, Papua, and East Borneo in Indonesia," *J Appl Eng Science*, vol. 20, no. 4, pp. 1053–1062, 2022, doi: 10.5937/jaes0-35192.
- [16] R. K. Samal, "Assessment of wind energy potential using reanalysis data: A comparison with mast measurements," *Journal of Cleaner Production*, vol. 313, p. 127933, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127933.
- [17] C. W. Frank, S. Wahl, J. D. Keller, B. Pospichal, A. Hense, and S. Crewell, "Bias correction of a novel European reanalysis data set for solar energy applications," *Solar Energy*, vol. 164, pp. 12–24, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.solener.2018.02.012.
- [18] H. Saputra, "Analisis Potensi Energi Angin di Pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar menggunakan Distribusi Weibull," *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 56–64, 2022.
- [19] W. Priyanto, I. D. Sara, and R. S. Lubis, "Studi Potensi Energi Angin Kota Banda Aceh dengan Metode Rayleigh Distribusi," *Jurnal J-Innovation*, vol. 7, no. 2, pp. 15–21, 2018.
- [20] A. Hasibuan, M. Daud, M. Sayuti, F. Hidayatullah, W. V. Siregar, and R. Fachroji, "Utilization of Small Wind Turbines as Source Alternative Electrical Energy for Lighting in the Banyak Island Tourism Area, Aceh Singkil, Indonesia," in *2022 6th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, Medan, Indonesia: IEEE, Nov. 2022, pp. 44–47. doi: 10.1109/ELTICOM57747.2022.10037795.
- [21] T. M. I. Riayatsyah, T. A. Geumpana, I. M. R. Fattah, and T. M. I. Mahlia, "Techno-Economic Analysis of Hybrid Diesel Generators and Renewable Energy for a Remote Island in the Indian Ocean Using HOMER Pro," *Sustainability*, vol. 14, no. 9846, p. 9846, Aug. 2022, doi: 10.3390/su14169846.
- [22] The Copernicus Climate Change Service (C3S), "ERA5-Land hourly data from 1950 to present," *cds.climate.copernicus.eu*. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land?tab=form> (accessed Jun. 05, 2023).
- [23] NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, "POWER | Data Access Viewer," *power.larc.nasa.gov*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer> (accessed Jun. 05, 2023).
- [24] J. Lu, W. Wang, Y. Zhang, and S. Ye, "Techno-economic Feasibility of PV-wind-diesel-battery Hybrid Energy System in a Remote Island in the South China Sea," *MMC_A*, vol. 90, no. 2, pp. 162–182, Jun. 2017, doi: 10.18280/mmc_a.900204.
- [25] A. Belhamadia, M. Mansor, and M. A. Younis, "A Study on Wind and Solar Energy Potentials in Malaysia," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 4, no. 4, pp. 1042–1048, 2014.
- [26] N. Aghbalou, A. Charki, S. R. Elazzouzi, and K. Reklouai, "A probabilistic assessment approach for wind turbine-site matching," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 103, pp. 497–510, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.ijepes.2018.06.018.
- [27] N. A. M. Ikbali, S. A. Halim, and N. Ali, "Estimating Weibull Parameters Using Maximum Likelihood Estimation and Ordinary Least Squares: Simulation Study and Application on Meteorological Data," *Mathematics and Statistics*, vol. 10, no. 2, pp. 269–292, Mar. 2022, doi: 10.13189/ms.2022.100201.
- [28] D. S. Ramadhini, M. Syafwan, and J. Jenizon, "Syarat Cukup Kekonvergenan Metode Newton-Raphson," *JMU*, vol. 8, no. 2, pp. 173–180, Jul. 2019, doi: 10.25077/jmu.8.2.173-180.2019.
- [29] A. Acakpovi, P. Adjei, N. Nwulu, and N. Y. Asabere, "Optimal Hybrid Renewable Energy System: A Comparative Study of Wind/Hydrogen/Fuel-Cell and Wind/Battery Storage," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2020, pp. 1–15, Jan. 2020, doi: 10.1155/2020/1756503.
- [30] BPS Kabupaten Simeulue, "Kabupaten Simeulue dalam Angka 2023," BPS Kabupaten Simeulue, Indonesia, 2023.
- [31] L. D. Rifai, S. H. J. Tongkukut, and S. S. Raharjo, "Analisis Intensitas Radiasi Matahari di Manado dan Maros," *JM*, vol. 3, no. 1, pp. 49–52, Mar. 2014, doi: 10.35799/jm.3.1.2014.3907.

BIOGRAPHY OF AUTHORS



Lisman, mendapatkan gelar Ahli Madya di Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Sumatera Utara pada Tahun 2004. Pada Tahun 2016 memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknik Iskandar Thani, Banda Aceh.
Email: lisman_20@mhs.unsyiah.ac.id



Ira Devi Sara, mendapatkan gelar Doktor dari Universitas Loughborough pada tahun 2014. Proyek PhD-nya adalah Penentuan Polikromatik Respon Spektral Perangkat Fotovoltaik. Dia menerima gelar master dari Monash University di bidang Teknik Elektro. Proyek utamanya adalah kelayakan mengintegrasikan sistem tenaga angin dengan penyimpanan hidrogen untuk situs Pesisir Victoria. Saat ini beliau menjabat sebagai Kepala Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik. Minat penelitiannya adalah sistem fotovoltaik terapan, elektronika daya, dan energi terbarukan.
Email: ira.sara@usk.ac.id



Tarmizi, staf pengajar di Departemen Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Menyelesaikannya Sarjana Teknik Elektro (S.T) pada Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU) pada tahun 1998. Magister Electrical Engineering (M.Sc) diselesaikan pada tahun 2018 dan Program Doktor (Ph.D) pada tahun 2018 di Universiti Sains Malaysia. Program Profesi Insinyur (Ir) diselesaikan di Universitas Gajah Mada pada tahun 2022. Saat ini bergabung dalam kelompok keahlian dosen Teknik Tenaga Listrik dan Energi Terbarukan. Bidang penelitian adalah konverter daya pada energi terbarukan dan kualitas daya listrik.
Email: mizi@usk.ac.id