

Analisis Potensi Energi Angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Skala Mikro di Kabupaten Dompu

M.Faisal¹, Ida Ayu Sri Adnyani^{1*}, Sultan¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram,
Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 31, 2022

Revised February 14, 2022

Accepted February 21, 2022

Keywords :

Wind Energy;

Anemometer;

Electrical Energy

Dompu Regency;

windmill.

ABSTRACT

This research is expected to be an initial information about the potential of wind energy that is utilized to meet long-term wind energy needs. An analysis of the potential of wind energy as a micro-scale wind power plant was carried out at Dompu Regency. The method used is a survey method by measuring the wind speed directly on the coast using the Anemometer Data Logger. The experiment were carried out for 3 (three) months, in May, June and July for 24 hours so that wind speed variability was obtained. The data obtained in the field were analyzed using analytical methods to calculate the amount of kinetic energy, wind energy potential and its conversion into electrical energy. From the experiment and analytical analysis, it is found that Soro Village, Kempo District, Dompu Regency has wind speeds ranging from 2.96 to 4.58 m/s, with a maximum wind speed of 4.58 m/s. Analytical results show that the potential for wind energy in Dompu Regency ranges from 154,514 – 294,131 Joules, and the conversion of electrical energy in the range of 85,720 – 181,077 Watts produced per hour. While the total electrical energy produced in one day is around 2057.29 Wh to 4345.836 Wh using one windmill.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi awal tentang potensi energi angin yang dimanfaatkan guna memenuhi kebutuhan energi angin jangka panjang. Dilakukan analisis potensi energi angin sebagai pembangkit listrik tenaga bayu skala mikro di Kabupaten Dompu. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan melakukan pengukuran langsung kecepatan angin dipesisir pantai dengan menggunakan Anemometer data Logger. Pengukuran dilakukan selama 3 (tiga) bulan yaitu bulan Mei, Juni dan Juli sepanjang 24 jam sehingga didapat variabelitas kecepatan angin. Data yang diperoleh di lapangan dianalisis dengan menggunakan metode analitik untuk menghitung besar energi kinetik, potensi energi angin dan konversinya menjadi energi listrik. Dari hasil pengukuran dan analisis analitik diperoleh bahwa Desa Soro, Kecamatan Kempo, Kabupaten Dompu memiliki kecepatan angin sebesar 2,96 – 4,58 m/det, dengan kecepatan angin maksimum 4,58 m/det. Dari hasil analitik menunjukkan bahwa potensi energi angin di Kabupaten Dompu berkisar 154,514 – 294,131 Joule, dan konversi energi listrik berkisar 85,720 – 181,077 Watt yang dihasilkan per jam. Sedangkan total energi listrik yang dihasilkan dalam satu hari adalah berkisar 2057.29 Wh sampai 4345.836 Wh dengan menggunakan satu buah kincir angin.

Corresponding Author:

Ida Ayu Sri Adnyani, Teknik Elektro Universitas Mataram, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: adnyani@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang berada di sekitar daerah ekuator merupakan daerah pertemuan sirkulasi *Hadley*, *Walker*, dan lokal. Kondisi ini ditengarai memiliki potensi angin yang besar. Menurut hasil penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dari 166 lokasi yang pernah dilakukan penelitian, ada 35 lokasi yang memiliki potensi angin dengan kecepatan angin di atas 5 meter per detik di ketinggian 50 meter. Lokasi-lokasi tersebut diantaranya berada di Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), pantai selatan Jawa dan Pantai selatan Sulawesi. Sejalan dengan tingginya potensi energi angin tersebut, Presiden Republik Indonesia melalui Perpres No. 22 Tahun 2017 mengeluarkan peraturan tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang berisi acuan dalam melakukan rencana

pengembangan energi angin per Provinsi atau Rencana Umum Energi Daerah (RUED)[1]. Provinsi NTB berdasarkan Rencana Umum Energi Daerah memiliki potensi teoritis sebesar 2.605 MW, di mana hingga tahun 2021 yang telah disetujui pembangunannya yaitu sebesar 115 MW PLTB yang masih dalam proses pembangunan di Lombok Timur.

Selain itu, dalam proses pencapaian target Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED) tersebut terdapat beberapa peraturan yang mewajibkan Pemerintah Daerah membangun dan mengelolah PLTB melalui BUMD, meningkatkan kualitas dan kuantitas survei dan pemetaan potensi tenaga angin/bayu, melakukan pra-studi kelayakan untuk daerah yang sudah mempunyai pengukuran potensi angin dan dilanjutkan dengan studi kelayakan pembangunan PLTB serta membangun unit pembangkit PLTB di Daerah terpencil dan pulau terluar.

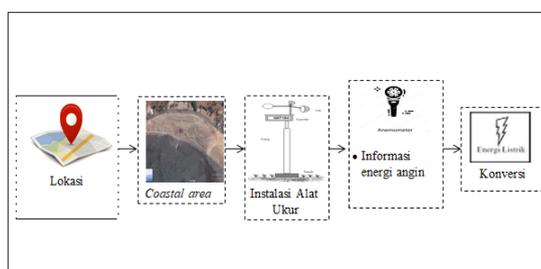
Berdasarkan gambaran informasi yang disampaikan pada RUEN dan RUED Provinsi NTB berupa dimana dan berapa besar yang bisa dikembangkan dari potensi tersebut masih belum spesifik. Sehingga dilakukan observasi awal dengan melakukan pengukuran langsung di Desa Soro Kecamatan Kempo Kabupaten Dompu. Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan angin pada tanggal 28 April 2020 yang dilakukan di pesisir pantai pada ketinggian 7 meter di Desa Soro selama 24 jam didapatkan kecepatan angin rata-rata sebesar 3.2 m/s. Menurut Abdel Hamid, informasi mengenai energi angin merupakan hal mendasar yang sangat penting dalam upaya pemanfaatannya secara maksimal. Pengetahuan tentang lokasi yang tepat sumber energi angin untuk dimanfaatkan adalah hal sangat krusial[2]. Tapi ternyata menentukan lokasi untuk pembangkit listrik tenaga angin tidaklah mudah. Penentuan lokasi ini sangat kompleks dan membutuhkan penelitian mengenai pemilihan lokasi yang tepat. Hal ini disebabkan kurangnya ketersediaan data potensi sumber daya energi angin setempat. Dengan adanya data potensi energi angin setempat dapat direncanakan pembuatan pembangkit energi angin yang dapat dimanfaatkan guna memenuhi kebutuhan energi jangka panjang secara berkesinambungan tanpa diperlukan interkoneksi energi dari daerah lain atau bahkan dapat men-supply energi ke daerah lain.

2. METODE

Secara geografis Kabupaten Dompu terletak di $118^{\circ}.47'$ Bujur Timur dan $8^{\circ}.53'$ Lintang Selatan. Luas wilayah kabupaten Dompu adalah 2.324,55 km² dan ketinggian kota berkisar antara 15-62 meter di atas permukaan laut Dengan jumlah penduduk tahun adalah 238.386 jiwa. Kecamatan Kempo adalah salah satu wilayah di Kabupaten Dompu yang menjadi tempat fokus penelitian, tepatnya di desa Soro. Penelitian ini dimulai dengan pemilihan area pesisir pantai yang dibatasi oleh daerah terluar dari pemukiman warga. Sedangkan untuk data kecepatan angin diambil pada ketinggian 7 meter selama 3(tiga) bulan yaitu bulan Mei, Juni dan Juli. Untuk memudahkan pengambilan data dari alat ukur anemometer menggunakan *CD software anemometer* yang dihubungkan langsung dengan laptop.

2.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdapat rancangan yang menjadi acuan sekaligus gambaran dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Rancangan Penelitian.

2.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

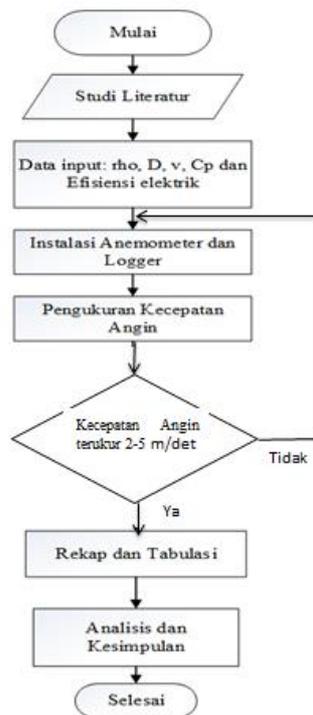
Mengumpulkan data-data primer penelitian seperti kecepatan angin dan arah angin yang diperoleh dari Anemometer data logger.

Pengolahan Data dilakukan tahapan dengan tahapan[3]:

- 1) Menghitung besar potensi energi angin menggunakan formula : $E = \frac{1}{2} m v^2$ (1)
- 2) Menghitung laju aliran massa dengan formula : $m = A \cdot v \cdot \rho$ (2)
- 3) Menghitung energi listrik dari angin yang dihasilkan oleh suatu kincir angin menggunakan formula;
 $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot cp \cdot \eta_{\text{elektrik}}$ (3)

2.3. Skema Perancangan Perangkat Keras

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan yang digambarkan dalam diagram alir seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data kecepatan angin yang diklasifikasikan sehingga dapat ditentukan jenis turbin yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik.

Kecepatan angin diukur selama 3 bulan di Desa Soro Kecamatan Kempo Kabupaten Dompu menunjukkan bahwa terdapat pola kecepatan angin yang fluktuatif dari bulan Mei, Juni, dan Juli 2021. Kecepatan angin yang diukur per detik dirata-ratakan menjadi kecepatan angin per jam dalam tiga bulan menunjukkan bahwa pada bulan Juli lebih besar kecepatan anginnya daripada bulan Mei dan Juni.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kecepatan angin Bulan Juli lebih besar daripada Bulan Mei dan Juni. Kecepatan angin tertinggi terjadi pada pukul 12.00 mencapai 6,6 m/s, kecepatan angin terendah terjadi pada bulan Mei pukul 00.00 yaitu 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan pengaruh suhu pada bulan Juli lebih panas selama satu bulan penuh, sedangkan pada Bulan Juni terjadi musim hujan untuk beberapa hari. Sehingga dipengaruhi oleh perbedaan densitas udara antara kedua periode musim tersebut. Berdasarkan rentang waktu dapat dianalisis besarnya kecepatan angin menunjukkan bahwa, lebih besar kecepatan angin yang terjadi mulai pukul 06.00-12.00 AM bahkan makin besar pada pukul 12.00-06.00 PM. Kecepatan angin makin lemah terjadi pada malam hari terutama pada pukul 12.00-06.00 AM. hal ini terjadi karena pada siang hari daratan akan lebih cepat menerima panas, sehingga udara menjadi panas lalu

memuai dan bertekanan lebih rendah dari lautan. Perbedaan tekanan ini menyebabkan tertiuapnya angin dari laut ke darat. Berdasarkan kecepatan angin yang diperoleh dari pengukuran langsung dilapangan dapat diklasifikasikan bahwa rata-rata kecepatan angin di Desa Soro Kecamatan Kempo Kabupaten Dompu termasuk kecepatan sedang yaitu antara 2,9 – 4,5 m/det, sehingga jenis bilah yang sesuai untuk kecepatan angin rendah adalah *inverse-taper*, yaitu bilah yang memiliki ujung bilah lebih lebar dari pangkal bilah. Dikatakan lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 2,5 – 4 m/s, daya yang dihasilkan 200 – 1000 kWh/tahun. Kondisi ini cukup baik sebagai penggerak sistem konversi energi listrik skala kecil dan untuk keperluan pemompaan[4].

Tabel 1. Kecepatan Angin

Jam	Kecepatan angin rata-rata tiga bulan (m/s)		
	Mei	Juni	Juli
06.00	4,3	1,5	4,9
07.00	4,9	4,7	5,1
08.00	4,6	4,9	5,9
09.00	5,1	5,1	6,0
10.00	5,3	5,6	5,9
11.00	5,4	5,9	5,9
12.00	5,4	5,2	6,6
13.00	5,4	5,1	6,2
14.00	5,2	5,4	5,7
15.00	5,2	3,7	5,5
16.00	4,9	3,1	5,3
17.00	4,2	3,5	5,0
18.00	2,8	1,5	4,1
19.00	2,5	0,8	3,8
20.00	1,3	1,2	4,3
21.00	2,6	0,7	4,1
22.00	3,4	1,5	3,8
23.00	2,4	1,0	4,0
00.00	0,1	1,7	3,2
01.00	0,5	1,9	3,0
02.00	0,2	1,7	3,2
03.00	0,1	1,9	1
04.00	0,7	1,8	3,4
05.00	2,8	1,8	4,1
Rata-rata	3,304	2,967	4,583

Besar energi angin yang merupakan energi kinetik dihitung berdasarkan parameter kecepatan angin rata-rata pada bulan Mei, Juni dan Juli. Dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui: kecepatan angin (v) = 4,3 m/s (rata-rata per jam)

Diameter turbin = 2.5 m

Kerapatan udara (ρ) = 1,23 kg/m³

- a. Menentukan penampang udara (A)

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (1,25)^2$$

$$A = 4,906 \text{ m}^2$$

- b. Menentukan laju aliran massa (m)

$$m = A \cdot V \cdot \rho$$

$$m = 4,906 \cdot 4,3 \cdot 1,23$$

$$m = 25,947 \text{ kg/dt}$$

- c. Sehingga untuk energi angin didapatkan dengan persamaan :

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 25,947 \cdot 4,3^2$$

$$E = 239,880 \text{ Joule}$$

Jadi energi angin yang dihasilkan pada bulan Mei adalah 239,880 joule. Untuk hasil perhitungan bulan Juni dan Juli dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Perhitungan Energi Angin Rata-rata Per jam

jam	Energi Angin (Joule)		
	Mei	Juni	Juli
06.00	239,880	29,190	311,494
07.00	311,494	286,585	337,441
08.00	274,519	311,494	451,608
09.00	337,441	337,441	467,046
10.00	364,426	406,849	451,608
11.00	378,307	451,608	451,608
12.00	378,307	350,803	565,126
13.00	378,307	337,441	498,701
14.00	350,803	378,307	421,509
15.00	350,803	177,607	392,448
16.00	311,494	124,675	364,426
17.00	228,853	158,925	324,338
18.00	101,712	29,190	218,085
19.00	81,084	8,303	187,337
20.00	21,925	18,682	239,880
21.00	87,701	6,357	218,085
22.00	149,974	29,190	187,337
23.00	74,727	12,974	207,576
00.00	0,130	37,493	132,849
01.00	3,243	46,834	116,762
02.00	0,519	37,493	132,849
03.00	0,130	46,834	12,974
04.00	6,357	42,034	149,974
06.00	101,712	42,034	218,085
Rata-rata	188,910	154,514	294,131

Berdasarkan Tabel 2 pada bulan Juli memperoleh kecepatan tertinggi sebesar 565.126 J. dan besarnya energi angin yang terendah terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar 0.130 J.

Estimasi energi listrik yang dihasilkan dari suatu kincir angin dengan mengetahui besarnya diameter kincir angin. Sehingga dapat dihitung untuk bulan Mei:

Perhitungan Energi Listrik Mei

Diketahui: Kecepatan angin (v) = 4,3 m/s (rata-rata per jam)
 Koefisien daya (cp) = 0,4
 Kerapatan udara (ρ) = 1,23 kg/m³
 Diameter turbin = 2,5 m
 $\eta_{\text{elektrik}} = 0,98$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \cdot cp \cdot \eta_{\text{elektrik}}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,23 \cdot 2,5^2 \cdot 4,3^3 \cdot 0,4 \cdot 0,98$$

$$P = 119,797 \text{ watt}$$

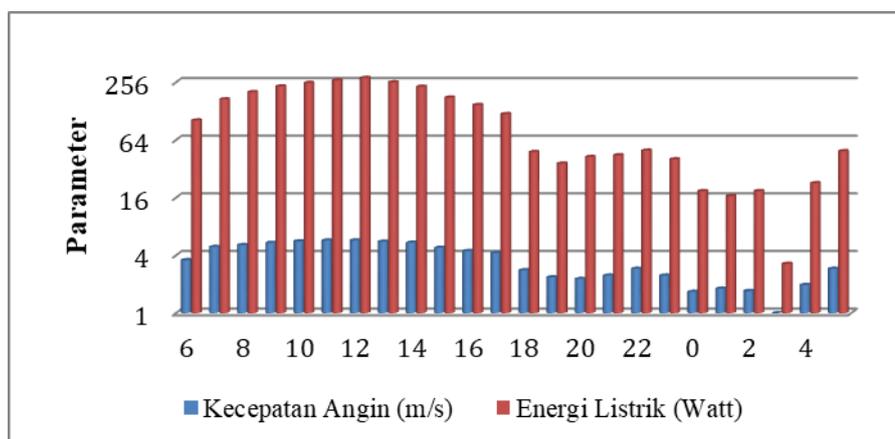
Maka untuk hasil selanjutnya dapat dilihat hasilnya pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Energi Listrik Per Jam

jam	Energi Listrik (Watt)		
	Mei	Juni	Juli
06.00	119,797	5,085	177,268
07.00	177,268	156,435	199,872
08.00	146,661	177,268	309,455
09.00	199,872	199,872	325,458
10.00	224,320	264,609	309,455
11.00	237,259	309,455	309,455
12.00	237,259	211,861	433,185
13.00	237,259	199,872	359,101
14.00	211,861	237,259	279,040
15.00	211,861	76,321	250,686
16.00	177,268	44,888	224,320
17.00	111,632	64,602	188,344
18.00	33,076	5,085	103,847
19.00	23,543	0,771	82,678
20.00	3,310	2,604	119,797
21.00	26,483	0,517	103,847
22.00	59,221	5,085	82,678
23.00	20,829	1,507	96,432
00.00	0,002	7,403	49,373
01.00	0,188	10,335	40,682
02.00	0,012	7,403	49,373
03.00	0,002	10,335	1,507
04.00	0,517	8,787	59,221
06.00	33,076	8,787	103,847
Rata-rata	105,977	85,720	181,077

Berdasarkan Tabel 3 diketahui pada bulan Juli memperoleh energi listrik tertinggi sebesar 433.185 watt, dan besarnya energi listrik terendah terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar 0.002 Watt.

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan, maka besarnya kecepatan angin, energi angin serta energi listrik di Desa Soro Kecamatan Kempo Kabupaten Dompu dapat dimasukkan ke dalam kategori memiliki potensi sedang dapat dilihat pada Gambar 3. Menurut Prasetyo,A. kecepatan angin kurang dari 5 m/s lebih sesuai untuk diubah menjadi energi mekanik atau pembangkit tenaga angin skala kecil menggunakan turbin Vertical[5].



Gambar 3. Kecepatan Angin dan Energi Listrik Dihasilkan

Untuk kategori sedang potensi energi angin yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi kincir angin *congging-less* yang ada pada turbin angin TSD-500 (*The Sky Dancer – 500*). Dengan adanya teknologi *congging-less* ini maka rotor dapat diputar tanpa hambatan (sangat mulus) dengan tangan sekalipun dan turbin ini mampu berputar pada kecepatan angin rendah.

4. Kesimpulan

Adanya potensi angin dengan kecepatan sedang di Desa Soro, Kecamatan Kempo, Kabupaten Dompu. Daerah pesisir pantai desa Soro terdapat kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan dalam waktu 13 jam, yaitu dari pukul 06.00 Wita sampai 18.00 Wita, dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 2.9 m/s sampai 4.5 m/s. Berdasarkan karakteristik kecepatan angin di Desa Soro Kecamatan Kempo Kabupaten Dompu rata-rata energi listrik yang dapat dihasilkan per jam sebesar 85.720 W sampai 181.077 W. Total energi listrik yang dihasilkan dalam satu hari adalah sebesar 2057.29 Wh sampai 4345.836 Wh.

REFERENCES

- [1] Humas Sekretariat Kabinet RI. Potensi Pengembangan PLTB di Indonesia. 2019. <https://setkab.go.id/potensi-pengembangan-pltb-di-indonesia/>
- [2] Abdel Hamid, R. H. A GIS-DSS for wind farms industry in Egypt. *2011 International Conference & Utility Exhibition on Power and Energy Systems: Issues and Prospects for Asia (ICUE)*.
- [3] Sam, Alimudin dan Patabang Daud. Studi Energi Angin Di Kota Palu untuk Membangkitkan Energi Listrik. *Jurnal SMARTek*, Vol.3 No.1 Februari 2005.Palu : Tadulako
- [4] Abdul Kadir, *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomi*, Edisi Ke dua tahun 1995, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- [5] Prasetyo,A., Notosudjono,D.,dan Soebagja, H. Studi Potensi Penerapan Dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan. <https://jom.unpak.ac.id>. Diakses 18 Februari 2021.

BIOGRAPHY OF AUTHORS



M. Faisal, lahir pada tanggal 20 November 1998 di Kempo. Mahasiswa semester akhir di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Email: amar.faizal1998@gmail.com



Ida Ayu Sri Adnyani adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram sejak tahun 1998. Pendidikan Strata 1 (S.1) di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana diselesaikan Tahun 1997. Menyelesaikan pendidikan, S2 Ergonomi Fisiologi Kerja 2003 dan S3 Ergonomi- Fisiologi Kerja 2013, masing-masing di Univ. Udayana, Sekarang bekerja sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram. Bidang penelitian adalah Sistem Tenaga Listrik. Dalam 10 tahun terakhir Ida Ayu Sri Adnyani telah menghasilkan beberapa jurnal Nasional dan Internasional.



Sultan adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram sejak tahun 1997. Pendidikan Strata 1 (S.1) di Universitas Hasanuddin Makassar dan S2 di Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Pada saat ini bidang yang ditekuninya adalah Sistem Tenaga Listrik.