

Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Turbin Angin Sumbu Vertikal di Kecamatan Sangkapura Kabupaten Gresik

(1)*Zidan Afidah, (2)Yushardi Yushardi, (3)Sudarti Sudarti

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Jember, Indonesia

*Email: afidahzidan7@gmail.com

Diterima: 21.11.2022 Disetujui: 06.12.2022 Diterbitkan: 21.12.2022

ABSTRACT

Gresik Regency's coastal Bawean Island is where Sangkapura District is situated. In 2020, there were 117,112 power consumers in the Sangkapura District. On the same island, there have been some regions without electricity every day. This demonstrates that there is still a need for electrical energy, which is growing along with the population. Additionally, growing global oil prices are a sign of the need for electrical energy. Fossil energy, which is non-renewable and can produce emissions, is the energy source that is most frequently used today. An energy crisis can be brought on by excessive consumption of fossil fuels. The suggested remedy is to employ new renewable energy (EBT) as a source of electrical energy, taking into account that EBT is more environmentally friendly. Therefore, more study is required to determine the local potential of wind as a wind power plant (PLTB) using vertical axis wind turbines, taking into account the benefits and drawbacks of each type of turbine. The analysis of published works and the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency's online database are the research techniques used. According to the analysis, an average wind speed of 1.5 m/s and wind power of 10.47 watts were measured. Dim LED lights can be turned on with this amount of power. Sangkapura District, however, has a poor potential for wind power plants because this number is lower compared to numerous pertinent research and employs a home size. Therefore, we require a different strategy that can utilize low wind speeds to generate electricity.

Keywords: wind turbines, power plants, new renewable energy, energy sources, electric energy

ABSTRAK

Kecamatan Sangkapura berada di Pulau Bawean Kabupaten Gresik yang termasuk daerah pesisir. Jumlah pengguna listrik di Kecamatan Sangkapura mencapai 117.112 di tahun 2020. Sebagian daerah di pulau yang sama belum dialiri listrik 24 jam penuh. Hal tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan energi listrik masih ada dan meningkat seiring pertambahan populasi. Selain itu, kebutuhan energi listrik ditandai dengan naiknya harga minyak dunia. Sumber energi yang paling umum digunakan adalah energi fosil yang tidak terbarukan dan dapat menimbulkan emisi. Pemanfaatan energi fosil berlebihan dapat menimbulkan krisis energi. Solusi yang ditawarkan yaitu beralih pada penggunaan energi baru terbarukan (EBT) sebagai sumber energi listrik dengan pertimbangan bahwa EBT lebih ramah lingkungan. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut pada potensi lokal angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) melalui turbin angin sumbu vertikal dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan jenis turbin sumbu vertikal. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan database online Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Hasil analisa yang diperoleh yaitu kecepatan angin rata-rata 1,5 m/s dengan daya angin 10,47 watt. Besar daya tersebut mampu digunakan untuk menyalakan lampu LED dengan redup. Akan tetapi nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan beberapa penelitian yang relevan dan menggunakan skala rumah tangga sehingga Kecamatan Sangkapura berpotensi rendah untuk pembangkit listrik tenaga bayu. Sehingga diperlukan alternatif lain yang dapat memanfaatkan rendahnya kecepatan angin untuk pembangkit listrik.

Kata Kunci: turbin angin, pembangkit listrik, energi baru terbarukan, sumber energi, energi listrik

I. Pendahuluan

Energi termasuk kebutuhan dasar manusia salah satunya adalah energi listrik.

Pemanfaatannya dapat ditemukan dalam berbagai sektor seperti rumah tangga, industri, penerangan jalan dan sebagainya. Kiswanto (2021), saat ini sumber energi yang digunakan

oleh manusia berasal dari energi fosil, seperti gas alam, batu bara dan minyak bumi yang keberadaannya terbatas dan tidak terbarukan karena memerlukan waktu yang lama untuk proses dekomposisi. Kebutuhan energi listrik meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia yang dapat diamati pada peningkatan harga minyak dunia. Sehingga apabila energi fosil dimanfaatkan secara berlebihan dapat menyebabkan masalah krisis energi.

Langkah antisipasi yang dapat ditawarkan untuk mencegah terjadinya krisis energi adalah penggunaan energi baru terbarukan (EBT). Diantara kelebihan EBT adalah berbasis sumber daya lokal dan memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia. Angin tergolong EBT yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Kiswanto (2021) menyatakan bahwa energi angin dapat dipulihkan secara alami, persediaannya melimpah secara terus menerus dengan proses berkelanjutan, ramah lingkungan dan bersih karena dalam proses penyediaan dan pemanfaatannya menghasilkan emisi yang kecil bahkan tidak sama sekali.

Berdasarkan peraturan daerah tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD), secara geografis wilayah kabupaten Gresik terletak antara 112° sampai 113° bujur timur dan 7° sampai 8° lintang selatan dengan sebagian besar merupakan dataran rendah dengan ketinggian kisaran 2-12 meter diatas permukaan laut. Sebagian wilayah kabupaten Gresik merupakan daerah pesisir pantai dengan 140 km adalah panjang pantai total. Adapun sepanjang 69 km letaknya memanjang dari kecamatan Kebomas, Gresik, Manyar, Bungah, Sidayu, Ujungpangkah, dan Panceng. Sedangkan 71 km ada di sepanjang kecamatan Sangkapura dan Tambak yang ada di Pulau Bawean. Salah satu daerah di Pulau Bawean yang belum dialiri listrik secara penuh 24 jam adalah pulau Gili sehingga warga masih bergotong royong untuk penerangan di malam hari menggunakan tenaga diesel (Ibrahim, 2022).

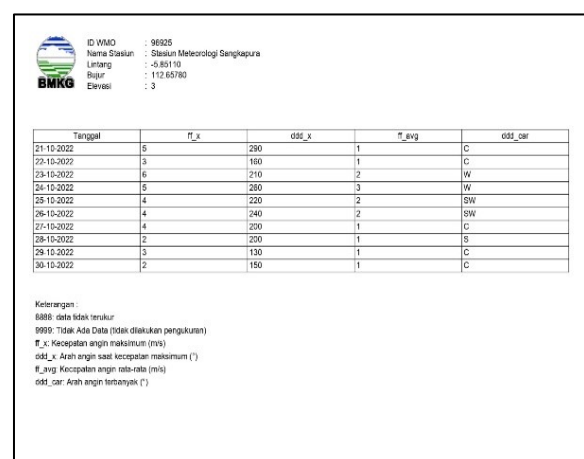
Pada tahun 2020, Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik (2021) menyatakan bahwa pengguna listrik di Kecamatan Sangkapura mencapai 17.112 keluarga dengan 16.509 adalah pengguna listrik PLN dan 603 adalah pengguna listrik non PLN. Jumlah ini

merupakan cukup banyak menunjukkan kebutuhan listrik yang cukup banyak pula, oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui potensi pembangkit listrik energi bayu melalui turbin angin sebagai alternatif pemanfaatan energi angin di Kecamatan Sangkapura Kabupaten Gresik.

II. Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Kecamatan Sangkapura, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Secara astronomis terletak pada lintang -5.85110, bujur 112.65780, dan elevasi 3 mulai dari tanggal 21 sampai dengan 30 Oktober 2022. Data yang diambil adalah kecepatan angin harian menggunakan database online badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tepatnya di Stasiun Meteorologi Sangkapura.

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan rincian tahapannya dimulai dari pengumpulan dan pengkajian terhadap buku, artikel dan sumber lain yang relevan dengan penelitian mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang terbit dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Selanjutnya menentukan daerah objek penelitian yaitu kecamatan Sangkapura. Dengan pertimbangan bahwa kecamatan Sangkapura masih berada di sekitar daerah pesisir, banyaknya pengguna listrik, dan adanya daerah yang masih belum teraliri listrik meskipun berada dalam pulau yang sama. Tahap berikutnya yaitu pengambilan data melalui laman <https://dataonline.bmkg.go.id>.



Tanggal	ff_u	ddd_u	ff_avg	ddd_dir
21-10-2022	5	280	1	C
22-10-2022	3	160	1	C
23-10-2022	6	210	2	W
24-10-2022	5	280	3	W
25-10-2022	4	220	2	SW
26-10-2022	4	240	2	SW
27-10-2022	4	200	1	C
28-10-2022	2	200	1	S
29-10-2022	3	130	1	C
30-10-2022	2	150	1	C

Keterangan:
8888: data tidak terukur
9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)
ff_u: Kecepatan angin maksimum (m/s)
ddd_u: Arah angin saat kecepatan maksimum (°)
ff_avg: Kecepatan angin rata-rata (m/s)
ddd_dir: Arah angin terbanyak (°)

Gambar 1. Database Online BMKG

Selanjutnya dilakukan tahap pengolahan data, analisa dan pengambilan kesimpulan sehingga memperoleh hasil penelitian.

III. Hasil dan Pembahasan

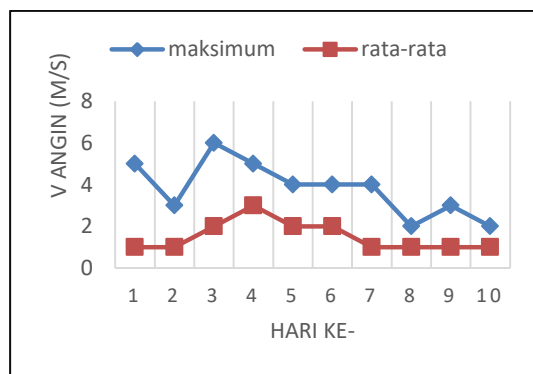
1. Analisis Data

Berdasarkan database online BMKG diperoleh data kecepatan angin maksimum dan rata-rata harian sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Penelitian

Tanggal	Kecepatan Angin	
	maksimum (m/s)	rata-rata (m/s)
21-10-2022	5	1
22-10-2022	3	1
23-10-2022	6	2
24-10-2022	5	3
25-10-2022	4	2
26-10-2022	4	2
27-10-2022	4	1
28-10-2022	2	1
29-10-2022	3	1
30-10-2022	2	1

Data tersebut apabila disajikan dalam diagram yang menunjukkan kecepatan angin harian sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Data Kecepatan Angin

Pada tabel 1 dan gambar 2 menunjukkan nilai kecepatan angin maksimum berada dalam rentang 2-6 m/s, sedangkan nilai kecepatan angin rata-rata berada dalam rentang 1-3 m/s. Kecepatan angin rata-rata minimum adalah 1 m/s yang terukur pada tanggal 21, 22, 27, 28, 29, dan 30 Oktober 2022. Adapun kecepatan angin rata-rata paling tinggi adalah 3 m/s yang terjadi pada tanggal 24 Oktober 2022.

Berdasarkan data hasil penelitian, maka kecepatan angin rata-rata dalam 10 hari tersebut adalah 1,5 m/s atau setara dengan 2,915 knot. Rajagukguk & Bagaskoro (2021)

bersumber dari Najib Habibie dkk. (2011) mengklasifikasi tingkatan kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Data kondisi alam terhadap kecepatan angin

Kelas	Kecepatan	Kondisi alam di daratan
1.	0,0-0,02	-
2.	0,3-1,5	Asap lurus keatas, angin tenang
3.	1,6-3,3	Gerak asap searah dengan arah angin
4.	3,4-5,4	Wajah dapat merasakan angin, daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5.	5,5-7,9	Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang
6.	8,0-10,7	Bendera berkibar, ranting pohon bergoyang
7.	10,8-13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air berombak kecil
8.	13,9-17,1	Ujung pohon melengkung, angin berhembus terasa di telinga
9.	17,2-20,7	Mematahkan ranting pohon, berjalan lawan arah angin berat
10.	20,8-24,4	Mematahkan ranting pohon, merubuhkan rumah
11.	24,5-28,4	Merubuhkan pohon, menyebabkan kerusakan
12.	28,5-32,6	Menyebabkan kerusakan parah
13.	32,7-36,9	Tornado

Energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik berada dalam kelas 3 (minimum) – 8 (maksimum). Nilai rata-rata kecepatan angin di Kecamatan Sangkapura tergolong dalam kelas 3 (1,6-3,3 knot) yang merupakan batas kelas minimum kecepatan angin yang dapat menghasilkan energi listrik dan keadaan alam ditandai dengan hembusan angin dapat membuat asap bergerak searah gerak angin.

2. Analisis Hasil Perhitungan

Dani & Sudarti (2021) menyatakan bahwa udara mempunyai massa (m) dan kecepatan (v) akan menghasilkan energi kinetik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung besar energi kinetik (E) sebagai berikut:

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

Debit aliran udara atau volume per-satuan waktu akan bergerak dengan kecepatan v melalui daerah luas penampang A atau dapat ditulis $V = v \cdot A$. Massa udara yang bergerak per-

satuan waktu dengan kerapatan udara ρ dinyatakan dalam persamaan:

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

Persamaan diatas berlaku jika balok udara bergerak dengan kecepatan v (m/s) dengan luas penampang A (m^2).

Muniarti (2021) menyatakan bahwa menentukan daya atau besar energi persatuan waktu dapat menggunakan persamaan:

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot v^3 \cdot \rho$$

Dengan P adalah daya angin (watt), A adalah luas penampang (m^2), v adalah kecepatan angin (m/s) dan ρ adalah kerapatan udara rata-rata (kg/m^3).

Berdasarkan data pada tanggal 21 Oktober 2022 dengan besar kecepatan angin rata-rata adalah 1 m/s setara 1,94 knot melalui perhitungan dengan memperhatikan parameter yang ada seperti kerapatan udara rata-rata yang $1,225 kg/m^3$ (Cahyadi & Anjani, 2021), maka massa udara yang bergerak per-satuan waktu dengan kerapatan udara ρ dinyatakan dalam persamaan:

$$m = A \cdot v \cdot \rho$$

dengan permisalan luas penampang 3 m^2 sehingga diperoleh:

$$m = 3 m^2 \cdot 1 m/s \cdot 1,225 kg/m^3$$

$$m = 3,67 kg/s$$

Selanjutnya energi kinetik dari angin yang dihasilkan dihitung melalui persamaan:

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

sehingga diperoleh besar energi kinetiknya:

$$E = \frac{1}{2} \cdot 3,67 kg/s \cdot (1 m/s)^2$$

$$E = 1,84 J$$

Adapun energi yang dihasilkan tiap satuan waktu atau daya angin (P) diperoleh menggunakan persamaan:

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot v^3 \cdot \rho$$

maka daya angin pada tanggal 21 Oktober 2022 besarnya:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 3 m^2 \cdot (1 m/s)^3 \cdot 1,225 kg/m^3$$

$$P = 1,84 W$$

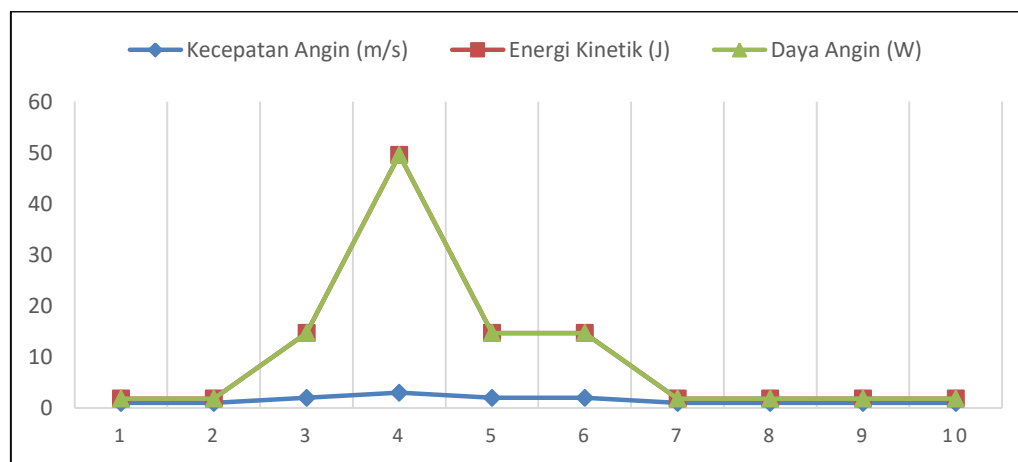
Nilai daya yang diperoleh dari perhitungan merupakan besar daya sebelum dikonversikan turbin angin. Daya yang diperoleh tidak semua dapat dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin (Dani & Sudarti, 2021). Melalui perhitungan dengan permisalan luas penampang turbin sebesar 3 m^2 dan kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan rata-rata harian hasilnya disajikan dalam tabel 3.

Eftekhari dkk. (2022) menyatakan bahwa Turbin angin tidak dapat menangkap lebih dari 59,3 % energi angin yang tersedia dengan kata lain C_p maks = 0,593. Hal tersebut mengacu pada batas Betz yang dirumuskan oleh Albert Betz berupa efisiensi maksimum rotor turbin angin ideal. Sehingga dari data yang diperoleh, tidak semua daya angin dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik. Hanya kurang dari sama dengan 59,3% dari daya angin yang dihasilkan pada tabel 3 yang dapat diproses oleh turbin angin yang kemudian dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga bayu.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan

Tanggal	Kecepatan angin (v)		m (kg/s)	Energi kinetik (J)	Daya angin (W)
	(m/s)	(knot)			
21-10-2022	1	1,94	3,67	1,84	1,84
22-10-2022	1	1,94	3,67	1,84	1,84
23-10-2022	2	3,89	7,35	14,7	14,7
24-10-2022	3	5,83	11,025	49,6	49,6
25-10-2022	2	3,89	7,35	14,7	14,7
26-10-2022	2	3,89	7,35	14,7	14,7

27-10-2022	1	1,94	3,67	1,84	1,84
28-10-2022	1	1,94	3,67	1,84	1,84
29-10-2022	1	1,94	3,67	1,84	1,84
30-10-2022	1	1,94	3,67	1,84	1,84
Nilai maks.	3	5,83	11,025	49,6	49,6
Nilai min.	1	1,94	3,67	1,84	1,84
Nilai Ave.	1,5	2,91	5,51	10,47	10,47



Gambar 3. Diagram Daya dan Energi

3. Analisis Potensi

Berdasarkan data kecepatan angin yang diperoleh melalui database online BMKG maka daya angin yang dihasilkan dengan memisalkan luas penampang turbin sebesar 3 m^2 disajikan dalam tabel 3. Melalui gambar 3. diagram daya dan energi dapat dilihat bahwa energi kinetik yang dihasilkan sama dengan daya anginnya. Daya angin tertinggi adalah 49,6 watt dengan kecepatan angin 3 m/s. Sedangkan daya angin terendah adalah dengan kecepatan 1 m/s yang menghasilkan daya angin 1,84 watt.

Turbin angin adalah kincir angin yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Cara kerja turbin angin yaitu angin yang dihasilkan per-satuan waktu akan menghasilkan energi kinetik yang mampu menggerakkan turbin. Jika turbin berputar maka putaran tersebut diteruskan ke bagian rotor pada generator yang dapat membantu mengubah energi tersebut menjadi energi listrik. (Ali, dkk., 2022). Jenis turbin angin ada 2 yaitu *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) atau disebut Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) dan *Horizontal Axis Wind Turbine*

(HAWT) atau disebut Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH).

Perbandingan antara TASH dan TASV Eftekhari dkk. (2022) menyatakan keunggulan TASH yang menjadi kekurangan TASV yaitu energi yang lebih banyak dihasilkan (dari arah tertentu), koefisien daya lebih tinggi, dan dapat memulai sendiri. Sedangkan keunggulan TASV yaitu kebisingan relatif rendah, cocok diterapkan di daerah dengan angin yang bergolak, tidak membahayakan burung, biaya transportasi dan konstruksi yang lebih murah, dan dapat menerima angin dari berbagai arah.

Keunggulan TASV yang telah dipaparkan relevan dengan penelitian Parta dkk. (2020) yang menghasilkan turbin angin sumbu vertikal tepatnya tipe savonius memiliki konstruksi yang sederhana, dapat digunakan pada kecepatan angin rendah dan sudu berputar terus menerus disebabkan adanya perbedaan sudut. Perancangannya menghasilkan 10,52 watt melalui perhitungan. Adapun biaya produksinya sebesar Rp. 5.744.203,- dinilai lebih murah apabila dibandingkan dengan turbin angin yang dijual di *online shop* dengan efisiensi harga mencapai 43,68%.

Hasil penelitian Latif dkk. (2022) mengenai prototipe VAWT tipe Savonius dengan empat sudu dari bahan PVC mampu menyalakan redup lampu LED pada kecepatan angin 2,7 m/s dengan daya 0,002 watt dan tegangan 2 volt. Dibandingkan dengan data yang diperoleh maka energi angin di Kecamatan Sangkapura memiliki potensi untuk menghasilkan listrik. Suprpto & Muttaqin (2022) melakukan penelitian dengan turbin angin sumbu vertikal Hybrid Savonius bertingkat dan Darrieus tipe H-Rotor menghasilkan daya 5,24 watt pada turbin angin Savonius dan 26,24 watt pada turbin angin darrieus pada kecepatan angin 4,5 m/s. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan data yang diperoleh di Kecamatan Sangkapura.

Susilo dkk. (2019) meneliti dimensi turbin angin tipe H-Darrieus pada simulasi dengan variasi jumlah bilah sebanyak 4 dan sudut pasang 35° dan 40° dengan RPM 500 pada kecepatan angin 5 m/s, hasilnya daya yang dihasilkan turbin angin tersebut sebesar 246,83-255,62 watt yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga bayu skala rumah tangga di daerah pedesaan dan daerah terpencil. Data kecepatan dan daya angin di Kecamatan Sangkapura lebih rendah dibandingkan hasil penelitian tersebut.

Data kecepatan dan daya angin yang didapatkan melalui database online BMKG setelah dianalisis menunjukkan bahwa kecepatan angin di Kecamatan Sangkapura berpotensi rendah untuk menjadi energi alternatif melalui pembangkit listrik tenaga bayu dengan turbin angin sumbu vertikal karena daya yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan beberapa penelitian yang menggunakan skala rumah tangga sebagai tolak ukurnya. Alternatif untuk memanfaatkan energi angin yaitu dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Angin) sehingga daya yang dihasilkan akan lebih besar dan lebih optimal pada siang hari (Octavianto dkk, 2021).

Alternatif lain sebagai upaya pemanfaatan energi angin dengan kecepatan rendah yaitu *Honeywell WindTronics Wind Turbine* sebagai pelapis energi surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) (Widyanto dkk., 2018). Kecamatan Sangkapura yang memiliki potensi rendah sebagai pembangkit listrik tenaga bayu

dapat menggunakan *Honeywell WindTronics Wind Turbine* sebagai alternatif untuk pemanfaatan energi angin.

IV. Kesimpulan

Angin adalah salah satu contoh energi baru terbarukan (EBT) yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik sering disebut pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Teknologi yang dapat digunakan adalah menggunakan turbin angin. Terdapat banyak jenis turbin angin pembangkit listrik tenaga bayu salah satunya adalah turbin angin sumbu vertikal. Pembangkit listrik ini dapat dimanfaatkan untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik yang meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi.

Dalam penelitian untuk mengetahui potensi PLTB melalui turbin angin sumbu vertikal di Kecamatan Sangkapura, data kecepatan angin dapat diperoleh dengan mudah menggunakan database online Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Berdasarkan data yang diperoleh, rata-rata kecepatan angin selama 10 hari di Kecamatan Sangkapura cukup rendah sehingga daya yang dihasilkan juga bernilai tidak besar. Kecepatan angin rerata harian tertinggi mencapai 3 m/s menghasilkan daya sebesar 49,6 watt. Akan tetapi kecepatan angin tersebut tidak stabil selama 10 hari. Sehingga rerata kecepatan angin selama 10 hari tersebut adalah 1,5 m/s dengan daya angin sebesar 10,47 watt. Apabila dibandingkan dengan penelitian lain yang relevan maka Kecamatan Sangkapura Kabupaten Gresik berpotensi rendah untuk dijadikan lokasi pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu tepatnya perancangan turbin angin sumbu vertikal. Sebagai alternatifnya, *Honeywell WindTronics Wind Turbine* dapat digunakan untuk memanfaatkan energi angin.

Daftar Pustaka

- Ali, A. M., Setyowati, R. D., Wahrini, R., Muchtar, A., Makmur, E., Ashari, H., Hasim, M., Nuraya, T., & Vitalocca, D. (2022). *Teknik Konversi Energi*. Makassar: CV. Rizmedia Pustaka Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik. (2021). *Kecamatan Sangkapura dalam*

- Angka 2021*. Gresik: BPS Kabupaten Gresik.
- BMKG. (2022). *Database Kecepatan Angin*. (Pusat Database-BMKG) diakses tanggal 17 November 2022, dari URL website: <https://dataonline.bmkg.go.id>.
- Cahyadi, I. I., & Anjani, R. D. 2021. Analisa Performa Bilah *Taperless* dengan *Airfoil* S2091 Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, Vol. 14(2), hal: 64-69.
- Dani, F. A., & Sudarti. (2021). Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Pantai Blimbingsari Kabupaten Banyuwangi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 5(2), hal: 93-102.
- Eftekhari, H., Al-Obaidi, A. S., & Eftekhari, S. (2022). Aerodynamic Performance of Vertical and Horizontal Axis Wind Turbines: A Comparison Review. *Indonesian Journal of Science & Technology*, Vol. 7(1), hal: 65-88.
- Ibrahim A. M. (2022). PLN Belum Putuskan Jenis Pembangkit Listrik di Pulau Gili Bawean. ANTARA News Jawa Timur diakses tanggal 18 November 2022, dari URL website: <https://jatim.antaranews.com/berita/597697/pln-belum-putuskan-jenis-pembangkit-listrik-di-pulau-gili-bawean>.
- JDIH. (2021). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) 2021-2026. diakses tanggal 18 November 2022, dari URL website: https://jdih.gresikkab.go.id/document_details/163391769681-Bab%20%20RPJMD%202021-2026%20TRF%201.0%20Hasil%20Evaluasi.pdf.
- Kiswanto, H. (2021). *Fisika Lingkungan: Memahami Alam dengan Fisika*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Latif, M., Alfarizi, Muharam, M., Laksono, H. D., Yunus, S., Rajab, A., & Fitrilina. (2022). Prototipe Turbin Angin Savonius Empat Sudu Pada Kecepatan Angin Rendah Untuk Pengisian Baterai. *Jurnal Amplifier*, Vol. 12(1), hal: 19-24.
- Murniati, M. E., & Sudarti. (2021). Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Daerah Banyuwangi Kota Menggunakan Database Online-BMKG. *Jurnal Surya Energy*, Vol. 6(1), hal: 9-16.
- Octavianto, D. E., Rahman, A. F., Arrazaq, A. F., Sondia, F., Ulfiana, A., & Ekayuliana, A. (2021). Analisa Perbandingan Daya Keluaran Solar Panel dengan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (Surya-Angin). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin* (pp 81-91). Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Parta, Rofiqoh, & Fatria A.G. (2020). Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Poros Vertikal dengan Kincir 4 Sudu sebagai Pembangkit Listrik Pada Penerangan Jalan Raya. *MOTOR BAKAR: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, Vol. 4(2), hal: 1-5.
- Rajagukguk, A., & Bagaskoro, A. 2021. Rancang Bangun *Data Logger* Kecepatan Angin Untuk 4 Level Ketinggian Berbasis Arduino. *Prosiding Semunar Nasional Teknologi Energi & Mineral* (pp 808-818). Blora: Politeknik Energi dan Mineral Akamigas.
- Suprpto, M., & Muttaqin, I. (2022). Analisis Turbin Angin Vertikal Hybrid Savonius Bertingkat dan Darrieus Tipe H-Rotor. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, Vol. 7(2), hal: 59-64.
- Susilo, Widodo, S., Silalahi, E. M., & Priyono. (2019). Pengaruh Jumlah Bilah dan Sudut Pasang terhadap Daya Turbin Angin H-Darrieus Termodifikasi sebagai Pembangkit Listrik Skala Rumah Tangga. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, Vol. 12(2), hal: 92-98.
- Widyanto, S. W., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* (pp 1-12). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.