

PERTEMUAN KE VI : BIO ENERGI

Bioenergi – Pengertian, Jenis, Manfaat & Studi Kasus

Ketergantungan manusia terhadap energi fosil kini sangat tinggi. Diperlukan terobosan baru seperti bioenergi sebagai **energi alternatif** untuk mencukupi kebutuhan manusia.

Energi digunakan manusia untuk menopang kehidupan diperlukan di berbagai sektor, seperti listrik dan bahan bakar. Energi listrik digunakan sehari-hari untuk menyalakan lampu, alat elektronik, hingga mesin industri. Selain itu, energi yang diperoleh dari sumber fosil dimanfaatkan untuk keperluan bahan bakar, baik kendaraan bermotor dan mesin industri.

Menurut data *U.S Energy Information Administration*, konsumsi energi dunia saat ini sebesar 33% masih bergantung pada minyak bumi, 22% dari gas alam, 27% dari batu bara, dan 13% dari energi lain. Dari jumlah tersebut, diketahui bahwa 82% kebutuhan energi manusia diperoleh dari energi fosil.

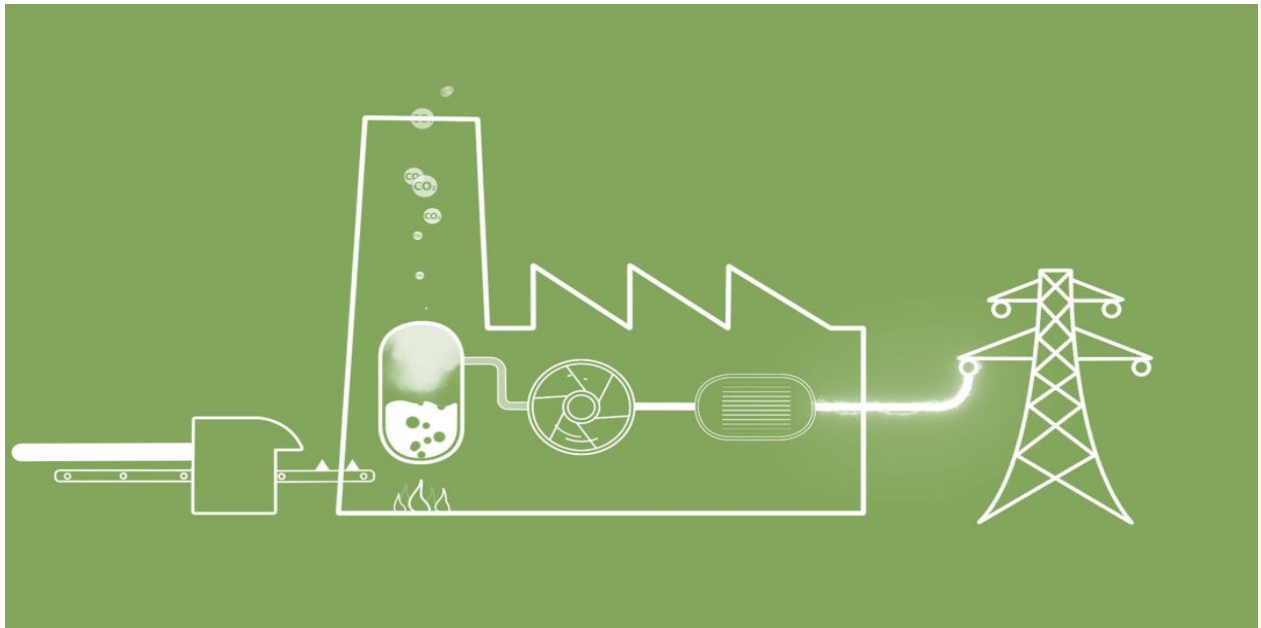
Energi fosil adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui, sehingga cepat atau lambat cadangan energi fosil diperut bumi akan habis. Oleh karena itu, manusia harus cepat mencari sumber-sumber energi lain yang dapat menghasilkan energi berkelanjutan.

Jumlah penggunaan energi secara nasional saat ini 95% bergantung pada energi fosil dan hanya 5% yang berasal dari energi alternatif. Jika kondisi ini tetap dipertahankan, maka Indonesia tinggal menunggu waktu untuk mengalami kelangkaan energi. Dari kekhawatiran akan hal tersebut, maka pengembangan energi alternatif harus menjadi program yang diutamakan.

Energi Alternatif

Energi alternatif adalah istilah yang digunakan untuk segala bahan atau sumber energi yang dapat digunakan untuk menggantikan fungsi dari energi fosil. Energi alami ini mampu mengurangi kerusakan pada lingkungan dan lebih ramah lingkungan.

baca juga: [Taman Nasional - Pengertian, Daftar Lokasi & Wisata Alam](#)



Google Image

Istilah energi alternatif bermula pada tahun 1973 dimana terjadi krisis minyak bumi global. Saat itu muncul ide-ide baru untuk mencari sumber energi yang *renewable* atau terbarukan.

Indonesia memiliki banyak potensi sumber energi terbarukan, antara lain:

- Biofuel
- Biomassa
- Energi Panas Bumi
- Energi Air
- Energi Angin
- Energi Matahari
- Energi Gelombang Laut
- dan energi alternatif lainnya

Pengertian Bioenergi

Salah satu alternatif sumber energi yang berpotensi dapat dimanfaatkan di Indonesia adalah bioenergi. Bioenergi adalah energi yang didapatkan dari pengolahan **biomassa**, baik yang bersumber dari tumbuhan atau hewan.

Sebenarnya, bioenergi tidak terbatas pada bahan baku tertentu, namun dapat bersumber dari berbagai macam bahan baku dan menghasilkan berbagai macam produk, seperti bioethanol, **biodiesel**, bioaftur dan lainnya.

Bioenergi adalah pengembangan dari biomassa yang juga didukung oleh faktor luas tanah, tingkat kesuburan dan keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia.

Jenis Bioenergi

Sebagai sumber energi alternatif, pengembangan bioenergi dibedakan menjadi 2 jenis, antara lain:

- Bioenergi Konvensional, merupakan bioenergi tradisional yang telah dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat pedesaan. Contohnya adalah penggunaan kayu bakar.
- Bioenergi Modern dapat dicontohkan seperti bioethanol, biodiesel, PPO / SCO, biogas dan biosyngas.

Bioenergi Modern

Berikut ini adalah penjelasan mengenai hasil-hasil dari bioenergi modern, yaitu:

- Biodiesel ditujukan untuk menggantikan penggunaan solar dari oleh minyak bumi. Biodiesel dapat kita temukan di SPBU dalam bentuk produk campuran dengan solar fosil.
- Bioethanol adalah bahan bakar alternatif dan bertujuan untuk menggantikan bensin. Penggunaan bioethanol saat ini masih dicampur dengan bensin fosil, persentasenya sekitar 1 : 9.
- PPO / SVO merupakan kependekan dari *Pure Vegetable Oil / Straight Vegetable Oil*. Minyak PPO / SVO umumnya digunakan untuk pembangkit tenaga listrik.
- Biogas adalah sumber energi terbarukan yang bersumber dari kotoran ternak dan pertanian. Penggunaan biogas ditujukan untuk mengganti gas LPG.
- Biosyngas adalah hasil sintesis dari biogas atau sintesis dari gas Hidrogen.

baca juga: [Siklus Nitrogen - Pengertian, Proses / Tahapan & Contoh](#)



Studi Kasus Biogas

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar dunia. Data 2016 menyebutkan bahwa produksi minyak kelapa sawit Indonesia mencapai 36 juta ton metrik dari total dunia 58,8 juta ton metrik, atau dengan kata lain produksi minyak sawit Indonesia menyumbang 61,2% dari keseluruhan dunia.

Namun, dalam hal pemanfaatan potensi ini sangat berbanding terbalik. Saat ini, Indonesia hanya mampu memanfaatkan 25% olahan kelapa sawit dan sisanya di ekspor ke negara lain.

Jumlah tersebut telah memenuhi kebutuhan domestik dan dapat dikatakan Indonesia memiliki kelebihan kelapa sawit. Dari sumber kelapa sawit inilah pengembangan bioenergi dapat dihasilkan.

Selain kelapa sawit, Indonesia memiliki berbagai biomassa yang dapat dijadikan bionergi, antara lain singkong dan [sorgum](#).

Tantangan Bioenergi

Untuk menghasilkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat digunakan secara berkelanjutan, terdapat beberapa tantangan sebagai berikut:

- Kesiapan *Stakeholder*
- Kesiapan Teknologi
- Kesiapan Keilmuan
- Kesiapan Dana

Teknologi yang digunakan untuk menghasilkan bioenergi memerlukan biaya yang tidak sedikit, serta ahli-ahli sesuai bidang keilmuannya. Selain itu, kesiapan *stakeholder* terkait juga diperlukan untuk saling mendukung produksi energi alternatif seperti bioenergi.

utama yaitu fosil yang mana ketersediaannya sangatlah terbatas dan terus menerus mengalami penipisan dan kehabisan. Menurut (Budiastira, 2009) yaitu dampak dari penggunaan bahan bakar fosil akan meningkatkan emisi partikel CO₂, SO₂, dan NO₂ yang pada masa ini bahan bakar pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi dengan menggunakan bahan bakar fosil, dan hal ini sangatlah berdampak pada lingkungan dan harus mendapatkan perhatian yang sangat serius. Jika tidak segera diciptakan energi alternatif yang dapat menggantikan peran energi fosil, maka kita akan kehabisan energi. Menurut (Azirudin, 2019), energi berperan sangat penting dari berbagai bidang kehidupan manusia, misalnya bidang pendidikan, transportasi, pertanian, kesehatan, dan ekonomi.

Dari permasalahan tersebut, penulis terdorong untuk berupaya dalam mencari alternatif. Energi terbarukan ialah energi yang dapat diperbaharui, dan dapat diperbaharui secara terus-menerus. Menurut (Al Hakim, 2020), Negara Indonesia mempunyai energi terbarukan yang melimpah diantaranya energi angin, energi surya, energi air, panas bumi, bioenergi, energi nuklir, dan energi arus laut. Salah satu dari energi terbarukan yang berkembang yaitu energi angin. Angin merupakan udara yang bergerak sejajar dengan permukaan bumi yang bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Perbedaan tekanan udara tersebut yang mengakibatkan angin mempunyai besaran fisis yaitu kecepatan dan arah. Kecepatan angin adalah kecepatan dari udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh tinggi dari daerah, keadaan geografi daerah, topografi daerah, dan geometris daerah. Menurut (Nawawi, 2017) yaitu kondisi cuaca juga mempengaruhi kecepatan angin seperti kondisi cuaca yang berubah ubah akan mengakibatkan kecepatan angin menjadi tidak konstan dan cenderung rendah sehingga mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan akan kurang optimal. Untuk menghasilkan energi listrik yang dihasilkan dari pengubahan atau bisa juga disebut dengan konversi. Maka dari itu dibuatlah penelitian ini yaitu analisis potensi energi angin sebagai pembangkit energi listrik tenaga angin di daerah Banyuwangi Kota menggunakan database online BMKG.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Banyuwangi Kota, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur yang terletak secara astronomis pada lintang -8.21500, bujur 114.35530, dan elevasi 52 pada tanggal 21 April 2021 s.d 30 April 2021 dengan database online Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Banyuwangi.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan mengumpulkan dan mempelajari jurnal atau artikel yang bersangkutan dengan penelitian untuk digunakan sebagai acuan dan referensi. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan dan mengobservasi daerah untuk dilakukan penelitian yaitu bertempat di Banyuwangi Kota. Tahap selanjutnya yaitu mengunjungi database online BMKG untuk mendapatkan data pada laman <https://dataonline.bmkg.go.id> selanjutnya dilakukan tahap mengolah data, menganalisa dan menyimpulkan. Dari tahap tersebut dapat menentukan hasil dari penelitian. Tahap terakhir yaitu dilakukan penyusunan laporan dan selesai.

C. Tinjauan Pustaka

Angin adalah udara yang bergerak sejajar dengan permukaan bumi yang bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Angin memiliki besaran fisis yaitu arah dan kecepatan yang mengakibatkan perbedaan tekanan udara. Menurut (Suwanti, 2017) kecepatan angin adalah kecepatan dari udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh tinggi dari suatu daerah, keadaan geografi daerah, topografi daerah, dan geometris daerah. Arah angin adalah arah dari mana angin tersebut berhembus yang dinyatakan dalam *direction degree*. Angin dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu angin global dan angin lokal. Angin global disebabkan karena adanya pemanasan matahari dengan intensitas yang besar di dekat khatulistiwa, dan hal ini menyebabkan peningkatan suhu udara pada daerah tropis yang selanjutnya mengalir melalui atmosfer atas ke arah kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke daerah khatulistiwa (Saputra, 2015).

Menurut (Abdullah, 2016) angin dapat dibedakan dalam beberapa jenis yaitu angin darat, angin laut, angin gunung, angin lembah, angin muson, angin fohn, angin musim timur dan barat. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin adalah Anemometer. Prinsip kerja dari anemometer yaitu dengan adanya hembusan angin yang mengenai baling-baling pada anemometer. Selanjutnya putaran dari baling-baling tersebut akan dikonversi menjadi sebuah besaran. Setelah baling-baling tersebut berputar maka akan menggerakkan alat pengukur kecepatan angin yang berhembus dari putaran baling-baling.

Tingkat kecepatan dari angin adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkatan Kecepatan Angin 10 Meter di Atas Permukaan Tanah Dalam Satuan Knots (Habibie M. Najib., 2011)

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di Atas Permukaan Tanah		
Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi Alam di Daratan
1	0,00 - 0,02	-
2	0,3 - 1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6 - 3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4 - 5,4	Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5 - 7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0 - 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8 - 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13,9 - 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17,2 - 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8 - 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5 - 28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5 - 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7 - 36,9	Tornado

Dari tabel 1 terdapat syarat-syarat kecepatan dan kondisi angin yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Dari 13 kelas kecepatan angin yang ada, kelas yang dapat mengubah energi angin menjadi energi listrik berada di kelas 3 dan kelas 8. Kecepatan angin kelas 3 adalah batas minimum, sedangkan batas maksimumnya adalah kelas 8.

Turbin angin digunakan untuk menghasilkan energi dari energi kinetik menjadi energi listrik, yang mana semakin meningkatnya kecepatan angin akan membuat energi yang dihasilkan juga meningkat. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) memiliki prinsip kerja yaitu menggunakan kincir angin untuk mengubah energi angin menjadi energi kinetik, faktor dari daya turbin yaitu seperti densitas, volume, dan kecepatan angin (Adistia, 2020). Menurut (Nawawi, 2017) yaitu sebagian besar turbin angin secara umum akan mulai menghasilkan daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s dan akan berhenti tidak menghasilkan energi pada kecepatan angin sebesar 25 m/s. Yang menentukan kondisi dan kecepatan angin adalah tipe dan ukuran rotor, dengan rata-rata kecepatan angin mulai dari 3 m/s dapat digunakan untuk turbin ukuran kecil, sedangkan rata-rata kecepatan angin 5 m/s dapat digunakan untuk turbin menengah, dan sedangkan rata-rata kecepatan angin diatas 6 m/s digunakan untuk turbin angin besar (Yunginger, 2015).

D. Rumus Perhitungan Energi Angin

Menurut (Sam, 2015) yaitu kecepatan dari energi angin akan mengakibatkan adanya energi kinetis (E) yang mana akan digunakan untuk memutar turbin angin. Energi kinetis (E) adalah perkalian antara laju aliran udara (\dot{m}) dengan kecepatan angin pangkat dua (V^2) yang kemudian dikali dengan setengah atau dapat ditulis dengan persamaan seperti berikut:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot V^2 \quad (1)$$

Menurut (Sam, 2015) yaitu apabila balok udara bergerak dengan kecepatan V (m/s) dan mempunyai luas penampang A (m^2) maka jumlah massa udara yang mengalir setiap detik seperti berikut ini:

$$\dot{m} = A \cdot V \cdot \rho \quad (2)$$

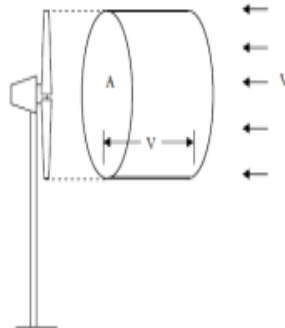
yang mana kerapatan udara (kg/m^3) adalah ρ .

Menurut (Sam, 2015) kemudian didapatkan energi yang dihasilkan persatuan waktu atau bisa disebut dengan daya P (watt) seperti berikut ini :

$$P = \frac{E}{\text{satuan waktu}} \quad (3)$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^3 \cdot \rho \quad (4)$$

Bidang udara yang beristeraksi dengan luas penampang yaitu rotor persatuan waktu (A) dan ketebalannya sama dengan kecepatan angin (V), maka menghasilkan energi persatuan waktu yang disebut dengan daya (P) (Saputra, 2015).



Gambar 1. Udara Bergerak ke Arah Turbin

Menurut (Sam, 2015) yaitu daya efektif dari energi angin yang dihasilkan oleh turbin angin (E_a) sebagai berikut :

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \quad (5)$$

Yang mana nilai dari C_p adalah 0,4. C_p adalah koefisien daya dan D adalah diameter turbin angin.

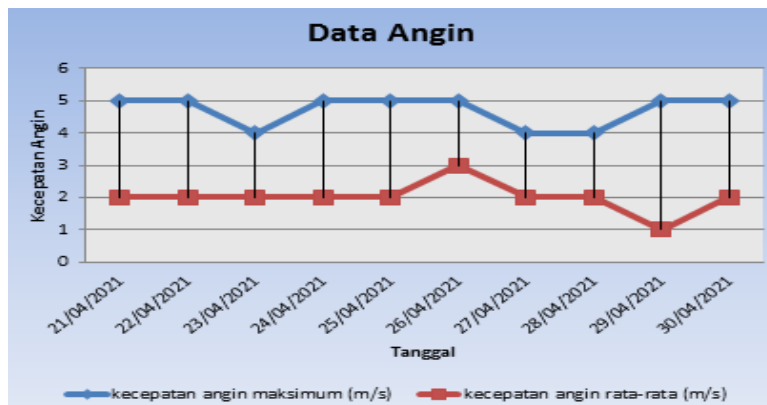
Menurut (Sam, 2015) yaitu konversi energi angin ke tenaga listrik $(P_s/A)_{wp}$ dapat dihitung menggunakan persamaan seperti berikut ini:

$$(P_s/A)_{wp} = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \rho \cdot V^3 \quad (6)$$

Yang mana η_{tr} adalah efisiensi transmisi yang bernilai 0,95; η_g adalah efisiensi generator yang bernilai 0,85; dan η_b adalah efisiensi baterai yang bernilai 0,75.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data kecepatan angin pada penelitian ini menggunakan database online BMKG pada tanggal 21 sampai dengan 30 April 2021 ditampilkan pada gambar 2. Pada gambar 2 menunjukkan nilai kecepatan angin maksimum berkisar antara 4-5 m/s, sedangkan nilai kecepatan angin rata-rata berkisar antara 1-3 m/s, dengan kecepatan angin minimum sebesar 1 m/s. Pada tanggal 26 April 2021 mempunyai kecepatan rata-rata angin tertinggi yaitu 3 m/s sedangkan kecepatan rata-rata angin terkecil yaitu pada tanggal 29 April 2021. Maka nilai dari rata-rata kecepatan angin selama sepuluh hari tersebut adalah 2 m/s atau 3,89 knot. Berdasarkan nilai rata-rata kecepatan angin tersebut maka kecepatan angin termasuk dalam kelas 4 (3,4-5,4 knots) yang mengakibatkan kondisi alam di daratan seperti wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, dan petunjuk arah angin bergerak yaitu batas minimum kecepatan angin yang bisa dimanfaatkan seperti pada tabel 1.



a) Grafik kecepatan angin



ID WMO : 96987
 Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Banyuwangi
 Lintang : -8.21500
 Bujur : 114.35530
 Elevasi : 52

Tanggal	ff_x	ddd_x	ff_avg	ddd_car
21-04-2021	5	150	2	W
22-04-2021	5	200	2	W
23-04-2021	4	130	2	W
24-04-2021	5	150	2	SE
25-04-2021	5	140	2	C
26-04-2021	5	150	3	SE
27-04-2021	4	120	2	C
28-04-2021	4	140	2	C
29-04-2021	5	130	1	C
30-04-2021	5	140	2	C

Keterangan :

8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

ff_x: Kecepatan angin maksimum (m/s)

ddd_x: Arah angin saat kecepatan maksimum (°)

ff_avg: Kecepatan angin rata-rata (m/s)

ddd_car: Arah angin terbanyak (°)

b) Database kecepatan angin Online BMKG

Gambar 2. Data Kecepatan Angin Pada Tanggal 21-30 April 2021

Untuk menghitung nilai dari laju aliran massa udara yang mengalir maka dihsruskan untuk menghitung nilai dari luas penampang balok udara (A), diasumsikan diameter turbin 1 m maka jari-jari turbin 0,5m adalah :

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \times 0,5^2$$

$$A = 0,785 \text{ m}^2$$

Kemudian dilanjutkan menghitung laju aliran udara yang sesuai pada tanggal 21 April 2021 dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 2 m/s atau 3,88769 knot yang sesuai dengan persamaan (2), apabila kerapatan udara dianggap konstan yaitu 1,2 kg/m³ adalah :

$$\dot{m} = A \cdot V \cdot \rho$$

$$\dot{m} = 0,785 \text{ m}^2 \times 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 1,884 \text{ kg/s}$$

Kemudian energi kinetik yang dapat dihasilkan pada tanggal 21 April 2021 yaitu dengan menggunakan persamaan (1) :

$$E = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} \times 1,884 \text{ kg/s} \times (2 \text{ m/s})^2$$

$$E = 3,768 \text{ J}$$

Besar energi yang dihasilkan persatuan waktu atau bisa disebut daya (P) pada tanggal 21 April 2021 yaitu dengan menggunakan persamaan (3) :

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

$$P = \frac{1}{2} \times 0,785 \text{ m}^2 \times (2 \text{ m/s})^3 \times 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 3,768 \text{ W}$$

Dengan menggunakan persamaan (4) dapat digunakan dalam mencari daya efektif dari energi angin yang dihasilkan oleh turbin angin pada tanggal 21 April 2021 sebagai berikut :

$$Ea = \frac{1}{2} \cdot Cp \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3$$

$$Ea = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times (1 \text{ m})^2 \times (2 \text{ m/s})^3$$

$$Ea = 1,92 \text{ W}$$

Kemudian mengkonversikan energi angin menjadi tenaga listrik pada tanggal 21 April 2021 yaitu dengan persamaan (5) :

$$\left(\frac{Ps}{A}\right)_{wp} = \frac{1}{2} \cdot Cp \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \rho \cdot V^3$$

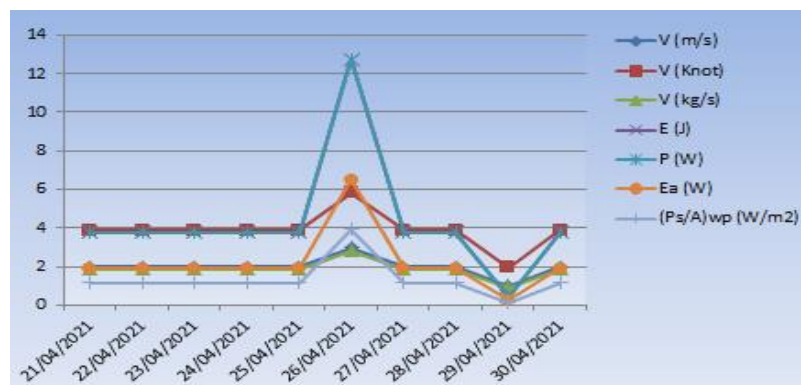
$$\left(\frac{Ps}{A}\right)_{wp} = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,75 \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3$$

$$\left(\frac{Ps}{A}\right)_{wp} = 1,1628 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Dan kemudian dilakukan proses perhitungan pada tanggal 22 s.d 30 April 2021 yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Kecepatan Angin dan Hasil Perhitungan Energi Listrik Yang Dapat di Hasilkan Oleh Kincir Angin Pada 21-30 April 2021

Tanggal	V		m	E	P	Ea	(Ps/A) _{wp}
	(m/s)	(Knot)	(kg/s)	(J)	(W)	(W)	(W/m ²)
21/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
22/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
23/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
24/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
25/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
26/04/2021	3	5,83	2,83	12,72	12,72	6,48	3,92
27/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
28/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
29/04/2021	1	1,94	0,94	0,47	0,47	0,24	0,15
30/04/2021	2	3,89	1,88	3,77	3,77	1,92	1,16
Nilai Max.	3	5,83	2,83	12,72	12,72	6,48	3,92
Nilai Min.	1	1,94	0,94	0,47	0,47	0,24	0,15
Nilai Ave.	2	3,89	1,88	4,34	4,34	2,21	1,34



Gambar 3. Grafik Data Kecepatan Angin dan Hasil Perhitungan Energi Listrik Yang Dapat di Hasilkan Oleh Kincir Angin Pada 21-30 April 2021

Pada tabel 2 diatas, dapat diperlihatkan hasil sebagai berikut:

1. Rata-rata daya efektif dari angin yang dihasilkan oleh turbin angin sebesar antara 0,24 s.d 6,48 W dengan rata-rata 2,21 W untuk diameter sapuan 1 m.
2. Nilai energi listrik yang dihasilkan persatuan luas penampang turbin adalah 0,15 s.d 3,92 W/m² dengan rata-rata 1,34 W/m².

Dengan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa potensi energi angin yang dikonversikan menjadi tenaga listrik di Banyuwangi Kota berdasarkan pengujian pada tanggal 21-30 April 2021 dapat dimanfaatkan sebagai penggerak turbin angin akan tetapi masih tergolong rendah. Berikut referensi dan alasan mengapa hasil pada daerah Banyuwangi kota tersebut tergolong rendah. Menurut (Nawawi, 2017) dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 1,53 m/s tidak bisa menghasilkan tegangan keluaran, dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 5,52 m/s dapat menghasilkan tegangan keluaran 78,47 volt AC. Generator akan menghasilkan tegangan keluaran minimal kecepatan angin sebesar 2,5 m/s. Oleh karena itu masih diperlukan penelitian lebih lanjut.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dari kecepatan energi angin pada daerah Banyuwangi Kota tanggal 21-30 April 2021 dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin yang terjadi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik tenaga angin karena tergolong dalam kecepatan angin kelas 4 (3,4 sampai 5,4 knots) akan tetapi masih tergolong pada tingkatan yang rendah. Penelitian ini masih kajian awal terhadap potensi kecepatan angin di daerah Banyuwangi Kota, jadi diperlukan penelitian lebih lanjut supaya ditemukan inovasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, I. N. (2016). Kajian Potensi Energi Angin di Daerah Kawasan Pesisir Pantai Serdang Bedagai untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 31-38.
- Adistia, N. A. (2020). Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 105-116.
- Al Hakim, R. R. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah Ulasan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1.
- Azirudin, T. (2019). Potensi Energi Angin Di Atas Bangunan Bertingkat Di Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 23-28.
- Banyuwangikab. *Kependudukan Banyuwangi Online*. Retrieved from <https://banyuwangikab.go.id/profil/kependudukan-dan-naker.html>
- BMKG. *Data Online Angin BMKG*. Retrieved from <https://dataonline.bmkg.go.id>
- Budiastra, I. N. (2009). Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Nusa Penida dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 263-267.
- Habibie M. Najib., A. S. (2011). Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 181-187.
- Nawawi, I. &. (2017). Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil pada Bangunan Bertingkat. *THETA OMEGA: Journal Of Electrical Engineering, Computer And Information Technology*, 1-6.
- Sam, A. &. (2015). Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik. *Jurnal SMARTek*, 21-26.
- Saputra, M. (2015). Studi Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Kawasan Meulaboh. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 32-43.

- Suwarti, S. M. (2017). Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin Dan Arah Angin Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *In Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 56-64.
- Yunginger, R. (2015). Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Gorontalo. *Penelitian Dasar Keilmuan*, 1-15.