

Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu



Journal Homepage

<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>



**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI DAYA PANEL SURYA 200 WP DENGAN
TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL 200 WATT**

Lela Nurpulaela¹, Dian Budhi Santoso², Lucky Gunawan³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang

¹lela.nurpulaela@ft.unsika.ac.id

³lucky.gunawan18078@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

Electrical energy is currently one of the main needs needed by humans to carry out daily activities. The process of generating electrical energy is carried out through the transformation of various energy sources, either using conventional energy sources or using renewable energy. One of Renewable energy is being developed is wind power and solar power. However, in the application of these two energy sources there are still deficiency, namely the value of energy conversion efficiency is still small and is very much influenced by environmental conditions such as the value of solar irradiation and wind speed, this can affect to energy production the electricity generated. The purpose of this research is to carry out a comparative analysis of the power efficiency produced by a 200 Wp solar panel with a 200 watt vertical axis wind turbine. The test was carried out in Karawang Regency. The results of this study show that solar panels have a higher efficiency value than wind turbines with an average solar panel efficiency value of 5.12% and an average wind turbine efficiency value of 2.05%. The results of wind turbine efficiency tend to be small because the wind that blows is not always stable and only lasts a few moments.

Keywords: *Efficiency, Renewable Energy, Solar Panels, Wind Turbines*

ABSTRAK

Energi listrik saat ini merupakan salah satu kebutuhan utama yang dibutuhkan oleh manusia untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Proses pembangkitan energi listrik dilakukan melalui transformasi berbagai sumber energi, baik menggunakan sumber energi konvensional maupun menggunakan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah tenaga angin dan tenaga surya. Namun dalam penerapan kedua sumber energi tersebut masih terdapat kekurangan yaitu nilai efisiensi konversi energi yang masih kecil dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti nilai penyinaran matahari dan kecepatan angin, hal ini dapat mempengaruhi produksi energi listrik yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis perbandingan efisiensi daya yang dihasilkan oleh panel surya 200 Wp dengan turbin angin sumbu vertikal 200 watt. Pengujian dilakukan di Kabupaten Karawang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panel surya memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan turbin angin dengan rata-rata nilai efisiensi panel surya sebesar 5,12% dan nilai efisiensi rata-rata turbin angin sebesar 2,05%. Hasil efisiensi turbin angin cenderung kecil karena angin yang berhembus tidak selalu stabil dan hanya berlangsung beberapa saat saja.

Kata Kunci: Efisiensi, Energi Terbarukan, Panel Surya, Turbin Angin.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik saat ini merupakan salah satu kebutuhan utama yang diperlukan oleh manusia untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Peralatan yang digunakan manusia dalam membantu kegiatan hampir seluruhnya membutuhkan energi listrik. Proses pembangkitan energi listrik dilakukan melalui transformasi berbagai sumber energi, baik itu menggunakan sumber energi konvensional ataupun yang menggunakan energi terbarukan. Sumber energi konvensional bersumber dari energi fosil dan batu bara yang jumlah ketersediaannya terbatas di alam, jika digunakan secara terus menerus akan habis. Sumber energi terbarukan dikembangkan untuk menjadi salah satu solusi dalam mengatasi ketersediaan energi konvensional serta dampak yang ditimbulkan, energi terbarukan yang dikembangkan antara lain tenaga angin dan tenaga matahari [1].

Pemerintah menargetkan Indonesia bisa mencapai target Net Zero Emission pada tahun 2060. Melihat potensi penerapan energi terbarukan di Indonesia maka target tersebut bisa dicapai. Ketergantungan Indonesia dalam proses pembangkitan tenaga listrik menggunakan bahan bakar fosil masih besar. Hasil Penelitian awal yang dilakukan Christopher Davito Prabandewa Hertadi, dkk (2022) menyatakan bahwa Indonesia memiliki potensi yang besar dalam penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan pemanfaatan dari 92% pelanggan PLN yaitu konsumen rumah tangga [2].

Dengan melihat keadaan geografis Indonesia yang sepanjang tahun mendapatkan pancaran sinar matahari dan hembusan angin, panel surya dan kincir angin menjadi jenis alat yang dapat diterapkan di Indonesia untuk membangkitkan energi listrik. Pemanfaatan energi matahari dan angin menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi ketergantungan manusia terhadap penggunaan energi konvensional yang sifatnya sulit untuk diperbaharui [1].

Namun dalam penerapannya kedua sumber energi tersebut masih terdapat kendala, yaitu, nilai efisiensi konversi energi yang masih kecil dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti nilai irradiansi matahari dan kecepatan angin, hal tersebut dapat menyebabkan produksi energi listrik yang dihasilkan berubah [3]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

melakukan analisis perbandingan efisiensi daya yang dihasilkan panel surya 200 Wp dengan turbin angin 200 watt tipe vertikal untuk digunakan pada rumah tinggal. Pengujian dilakukan di Kabupaten Karawang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum mengetahui nilai efisiensi daya dari panel surya dan turbin angin dibutuhkan pemahaman mengenai beberapa persamaan yang digunakan dalam menghitung efisiensi tersebut. Berikut adalah beberapa persamaan yang digunakan pada penelitian ini.

2.1 Rumus *Fill Factor* (Faktor Pengisian) Panel surya

Ukuran *fill factor* merupakan besaran dari unjuk kerja panel surya yang tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan daya keluaran maksimal panel surya dengan tegangan *open circuit* dan arus *short circuit*. Parameter untuk *fill factor* bisa diperoleh dari *nameplate* spesifikasi panel surya [4].

$$FF = \frac{V_{pm} \times I_{pm}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (1)$$

Keterangan:

FF	: <i>fill factor</i> (%)
V_{oc}	: Tegangan <i>Open Circuit</i>
I_{sc}	: Arus <i>Short Circuit</i>
I_{mp}	: Arus maksimum
V_{mp}	: Tegangan maksimum

2.2 Rumus Efisiensi Panel surya

Efisiensi panel surya merupakan perbandingan antara daya keluaran panel surya dengan masukan energi matahari ke panel. Efisiensi keluaran disimbolkan dengan lambang η , berikut persamaan untuk mengetahui nilai efisiensi panel surya [4].

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{IR \times A} \quad (2)$$

Keterangan:

η	: Efisiensi panel surya (%)
FF	: <i>fill factor</i> (%)
IR	: Irradiansi Matahari (W/m^2)
A	: Luas permukaan panel surya (m^2)
V	: Tegangan (V)
I	: Arus (A)

2.3 Rumus Efisiensi Turbin Angin

Efisiensi turbin angin dihitung dengan membandingkan daya kinetik terhadap daya keluaran yang diperoleh, dengan mengasumsikan nilai efisiensi sistem sebesar 0,8. berikut merupakan persamaan untuk mengetahui energi kinetik turbin [3] .

$$P_k = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_{gen} \cdot \eta_{gear} \quad (3)$$

Keterangan:

- P_k : Energi Kinetik
- ρ : rapat jenis udara (1,2 Kg/M³)
- A : Luas Blade turbin (m²)
- v : Kecepatan angin (m/s)
- η_{gen} : Efisiensi Generator (Rata-rata 0,8%)
- $\eta_{gearbox}$: Efisiensi gearbox

Setelah mendapatkan nilai energi kinetik dari turbin angin selanjutnya adalah membandingkan nilai daya keluaran turbin angin dengan nilai energi kinetik turbin angin

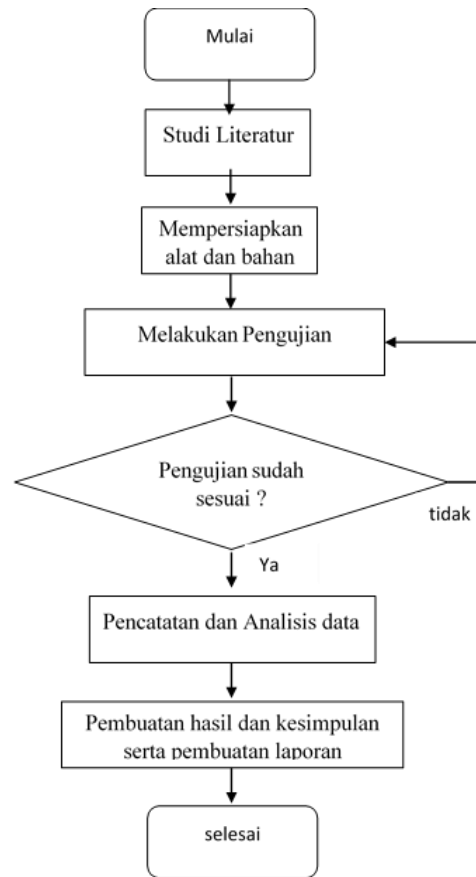
$$\eta_{Turbin\ angin} = \frac{p_{out\ angin}}{p_k} \cdot 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

- P_k : Energi Kinetik
- $\eta_{turbin\ angin}$: Efisiensi turbin angin
- $P_{out\ angin}$: Daya keluaran turbin angin

III. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini meliputi studi literatur dan observasi. Metode observasi dilakukan dengan cara pengamatan langsung di lokasi penelitian yaitu Kabupaten Karawang. Penelitian dilaksanakan selama 1 hari dengan pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali mulai pukul 08.00 – 16.00 WIB pada kondisi cuaca cerah. Metode studi literatur ini, peneliti menggunakan jurnal dan artikel ilmiah sebagai bahan referensi penelitian. Parameter yang digunakan pada penelitian ini meliputi tegangan dan arus output masing-masing pembangkit, irradiasi matahari, dan kecepatan angin. Setelah semua data parameter tersebut diperoleh, selanjutnya data tersebut akan dianalisis menggunakan persamaan untuk mengetahui nilai efisiensinya.



Gambar 3. 1 flowchart metode penelitian

Tang ampere dan Multimeter digunakan untuk mengukur nilai *output* dari masing-masing pembangkit, keduanya menghasilkan *output* berupa arus *Direct Current* (DC). Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer dalam satuan m/s. Untuk mengukur nilai intensitas radiasi matahari menggunakan *solar power meter* dalam satuan (W/m²). Adapun panel surya yang digunakan pada penelitian ini berjenis monokristalin dengan kapasitas 100 Wp berjumlah 2 buah dihubungkan secara paralel.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi Panel Surya Perbuah	
Daya	100 Wp
Jenis	<i>Monocrystalline</i>
<i>Maximum Power Voltage</i> (Vmp)	18,2 Volt
<i>Maximum Power Current</i> (Imp)	5,5 Ampere

<i>Open Circuit Voltage</i> (Voc)	21,51 Volt
<i>Short Circuit Current</i> (Isc)	5,88 Ampere
Dimesnsi (mm)	1020*680*30

Pada penelitian ini peneliti menggunakan turbin angin buatan pabrik yang sudah beredar di pasaran, dengan tipe sumbu vertikal dan kapasitas daya maksimal 200 Watt.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Turbin Angin

Spesifikasi Turbin Angin	
Daya	200 W
<i>Rated Voltage</i>	12 V
<i>Start-up Wind speed</i>	1.5 m/s
<i>Rated Wind Speed</i>	13 m/s
Tipe Generator	<i>Permanent Magnet Synchronous Generator</i> (PMSG)
Jenis Sumbu	<i>Vertical Axis Wind Turbine</i> (VAWT)
Jumlah Bilah	5
Diameter Rotor	0.9 m
Berat	12 kg
Efisiensi generator	0,8 %

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian selama 1 hari pada kondisi cuaca cerah, diperoleh data yang pengukuran dari *output* tegangan dan arus dari masing-masing pembangkit yaitu panel surya dan turbin angin, selain itu juga diperoleh hasil pengukuran kecepatan angin dan iradiasi matahari. Dari data yang diperoleh selanjutnya data diolah menggunakan rumus untuk mengetahui nilai *fill factor* panel surya, efisiensi panel surya, dan efisiensi turbin angin.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Panel Surya

Pukul (WIB)	Irradiasi matahari (W/m ²)	Panel Surya	
		Tegangan (V)	Arus (A)
8:00	334,1	12,6	2,4
9:00	521,06	13,56	3,73
10:00	718,5	14,21	4,8
11:00	1013,4	15,75	5,4
12:00	1157,2	17,68	8,2
13:00	1094,3	15,6	6,04
14:00	1037,11	14,74	5,36
15:00	619,8	14,5	3,65
16:00	228,4	14,13	1,13
Rata-Rata	747,10	14,75	4,52

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Turbin Angin

Pukul (WIB)	Kecepatan angin (m/s)	Turbin Angin	
		Tegangan (V)	Arus (mA)
8:00	2,73	2,3	47,6
9:00	2,2	1,61	34,7
10:00	3,2	2,52	78,1
11:00	4,84	7,72	111,4
12:00	4,4	6,3	90,5
13:00	4,5	6,58	92,8
14:00	4,2	5,44	90,2
15:00	3,4	2,75	86,7
16:00	3,1	2,43	73,3
Rata-Rata	3,62	4,18	78,37

Dari Tabel 4.1 diatas diperoleh nilai intensitas radiasi matahari tertinggi yang terukur yaitu pada pukul 12:00 siang sebesar

1157,2 W/m² menghasilkan tegangan sebesar 17,68 volt dan arus 8,2 A. Dari Tabel 4.2 diatas diperoleh nilai kecepatan Angin tertinggi yang terukur yaitu pada pukul 11:00 siang sebesar 4,84 m/s menghasilkan tegangan 7,72 volt dan arus 111,4 mA.

4.1 Menghitung Efisiensi Panel Surya

Sebelum menghitung nilai efisiensi panel surya, perlu diketahui terlebih dahulu nilai fill factor dari panel surya yang digunakan. Untuk menghitung fill factor dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dan memasukan parameter spesifikasi pada tabel 3.1 kedalam persamaan tersebut. Berdasarkan tabel 3.1 luas area modul surya adalah 693.6 m², maka jika menggunakan 2 buah panel surya maka luas total modul surya yang digunakan adalah 1387.2 m². Dari hasil nilai fill factor dan luas area modul surya yang diperoleh bisa digunakan untuk menghitung nilai efisiensi panel surya menggunakan persamaan (2).

4.2 Menghitung Efisiensi Turbin Angin

Sebelum menghitung nilai efisiensi turbin angin, perlu diketahui terlebih dahulu nilai energi kinetik dari turbin angin yang digunakan. Untuk menghitung energi kinetik dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dan data spesifikasi pada tabel 3.2. Diasumsikan efisiensi generator 0,8 dan efisiensi gearbox 1 karena turbin angin yang diuji tidak menggunakan gearbox. Dari hasil nilai energi kinetik yang diperoleh bisa digunakan untuk menghitung nilai efisiensi turbin angin menggunakan persamaan (4).

tabel 4. 3 Perbandingan Efisiensi Turbin Angin dan Panel Surya

Pukul (WIB)	Efisiensi	
	Panel Surya (%)	Turbin Angin (%)
8:00	5,15	1,76
9:00	5,53	1,72
10:00	5,41	1,97
11:00	4,78	2,49
12:00	7,13	2,19
13:00	4,90	2,20
14:00	4,34	2,17

15:00	4,86	1,99
16:00	3,98	1,96
Rata- Rata	5,12	2,05

Berdasarkan tabel 4.3 di atas, nilai efisiensi panel surya tertinggi diperoleh pada pukul 12:00 siang sebesar 7,13% dan efisiensi terendahnya pada pukul 16:00 sebesar 3,98%. Turbin angin memperoleh nilai efisiensi tertinggi pada pukul 11:00 yaitu 2,49%, dan efisiensi terendahnya diperoleh pada pukul 09:00 sebesar 1,72%. Efisiensi panel surya secara keseluruhan lebih besar jika dibandingkan dengan turbin angin, dimana, nilai rata-rata efisiensi panel surya 5,12%, sedangkan nilai rata-rata efisiensi turbin angin 2,05%.

V. PENUTUP

Dari hasil penelitian diperoleh nilai intensitas radiasi matahari tertinggi yang terukur yaitu pada pukul 12:00 siang sebesar 1157,2 W/m² menghasilkan tegangan 17,68 volt dan arus 8,2 A, dengan nilai efisiensi daya sebesar 7,13%, sementara nilai intensitas radiasi matahari terendah yang terukur yaitu pada pukul 16:00 sebesar 228,4 W/m² menghasilkan tegangan 14,13 volt dan arus 1,13 A, dengan nilai efisiensi daya sebesar 3,98%.

Pada Pengujian turbin angin diperoleh nilai kecepatan angin tertinggi yang terukur yaitu pada pukul 11:00 siang sebesar 4,84 m/s menghasilkan tegangan 7,72 volt dan arus 111,4 mA, dengan nilai efisiensi daya sebesar 2,49%, sementara nilai kecepatan angin terendah yang terukur yaitu pada pukul 09:00 sebesar 2,2 m/s menghasilkan tegangan 1,61 volt dan arus 34,7 mA, dengan nilai efisiensi daya sebesar 1,72%.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, nilai efisiensi daya dari panel surya lebih besar daripada turbin angin, dimana, nilai rata-rata efisiensi panel surya 5,12%, sedangkan turbin angin 2,05%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. A. T. Sistiawan and P. Gunoto, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybride (Tenaga Surya Dan Tenaga Angin) Dengan Kapasitas 20 W," *Sigma Tek.*, vol. 2, no. 1, p. 49-56, 2019.
- [2] C. D. P. Hertadi, M. Sulaiman, dan P. G. P. Anwar, "Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam", *G-Tech*, vol. 6, no. 2, hlm. 276–283, Sep 2022.
- [3] D. Irwansyah, W. Yandi, W. Sunanda, and M. Y. Puriza, "Konversi Energi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sebagai Perencanaan Pembangkit Hybrid," *SENTER*, pp. 113–127, Jan. 2021.
- [4] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, Des. 2021.
- [5] S. Ayu Arsita, G. Eko Saputro, and S. Susanto, "Perkembangan Kebijakan Energi Nasional dan Energi Baru Terbarukan Indonesia," *J. Syntax Transform.*, vol. 2, no. 12, pp. 1779–1788, Des. 2021.
- [6] G. A. Setia, N. Winanti, F. Haz, and H. R. Iskandar, "Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Solar Cell dan Wind Turbine) untuk Beban Perumahan," *EPSILON : Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, Vol. 19. No. 2, pp. 33–39, 2021.
- [7] R. Rahmat Hasrul, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif ", *SainETIn*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, Jun. 2021.