

## UJI PERFORMA TURBIN ANGIN DARRIEUS 6 BLADE DAN SOLAR PV SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* DI PANTAI TAMBAN KABUPATEN MALANG

**Dewi Anjar Pratiwi**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [dewipratiwi2@mhs.unesa.ac.id](mailto:dewipratiwi2@mhs.unesa.ac.id)

**Aris Ansori, S.Pd., M.T.**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri  
Surabaya e-mail: [arisansori@unesa.ac.id](mailto:arisansori@unesa.ac.id)

### Abstrak

Di Indonesia pertumbuhan penduduk tidak seimbang dengan penyebaran listrik, sehingga menyebabkan banyaknya wilayah yang belum menikmati listrik. Kurangnya persediaan energi listrik dari PLN menjadi kendala bagi masyarakat di pesisir pantai di Kabupaten Malang. Potensi energi angin rata-rata perhari adalah 2 m/s hingga 5 m/s dan potensi energi matahari rata-rata perhari adalah 600 W/m<sup>2</sup> hingga 1.000 W/m<sup>2</sup> yang dapat digunakan untuk dijadikan sumber energi pembangkit listrik. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental dimana turbin angin darrieus tipe-H 6 sudu dan solar PV *monocrystalline* berkapasitas 50 WP akan digabung menjadi sistem *hybrid* untuk mengatasi masing-masing kekurangan dari turbin angin maupun solar PV dengan variasi kecepatan angin yaitu 1-2 m/s, 2,1-3,1 m/s, dan 3,2-4,2 m/s dan variasi intensitas matahari yaitu 250-470 W/m<sup>2</sup>, 471-691 W/m<sup>2</sup>, dan 692-912 W/m<sup>2</sup>. Sumber energi dari matahari dapat menghasilkan daya listrik rata-rata 0,74 KW/hari dengan efisiensi 8,2% dengan rata-rata intensitas cahaya tertinggi pada pukul 11.00 WIB sampai 13.00 WIB. Sedangkan, sumber energi dari angin dapat menghasilkan daya listrik rata-rata sebesar 0,21 KW/hari dengan efisiensi sebesar 5,38% dengan rata-rata kecepatan angin tertinggi pada pukul 09.00 WIB sampai 11.00 WIB. Maka yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik *hybrid* sebesar 0,95 KW/hari dengan efisiensi sebesar 51,1% dalam 1 hari (06.00 WIB-15.00 WIB).

**Kata kunci :** Energi Terbarukan, Turbin Angin, Solar PV, Hybrid.

### Abstract

In Indonesia population growth is not balanced with the distribution of electricity, causing many areas that do not yet feel electricity. Lack of electricity supply from PLN has become a problem for residents in the coast of Malang district. The potential wind energy on average every day is 2 m/s until 5 m/s and the potential solar energy on average every day is 600 W/m<sup>2</sup> until 1.000 W/m<sup>2</sup> can be used as a source of energy for power generation. This research method uses experimental research in which wind turbine darrieus H-type 6 blade and solar PV monocrystalline have capacity 50 WP will be combined into a hybrid system to overcome each of the shortcomings of wind turbine and solar PV with variation of wind speed is 1-2 m/s, 2,1-3,1 m/s, and 3,2-4,2 m/s and variation intensity of sun is 250-470 W/m<sup>2</sup>, 471-691 W/m<sup>2</sup>, and 692-912 W/m<sup>2</sup>. Energy sources from the sun can produce an average electric power of 0,74 KW/day with an efficiency is 8,2% with the highest average intensity of sun at 11.00 WIB until 13.00 WIB. Meanwhile, the energy source from the wind can produce an average electric power of 0,21 KW/day with an efficiency is 5,38% with the highest average wind speed at 09.00 WIB until 11.00 WIB. Then can be produced by hybrid power generation is 0,95 KW/day with an efficiency is 51,1% in one day (6 am-3 pm).

**Keywords :** Renewable Energy, Wind Turbine, Solar PV, Hybrid.

### PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang krusial, karena listrik telah menjadi suatu kebutuhan bagi manusia di dunia ini. Energi listrik adalah perkalian antara daya listrik (P) dengan satuan watt dengan waktu (t) dengan satuan sekon. Jika tidak ada listrik maka roda ekonomi di Indonesia akan macet total karena pabrik-pabrik besar juga mengandalkan listrik.

Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia hanya sebesar 12,3%, belum digunakan secara optimal

disebabkan biaya yang digunakan untuk membuat pembangkit listrik dari energi terbarukan relatif mahal. Masalah lainnya yaitu sumber energi yang tidak stabil. Sifat sumber energi air, angin, dan surya yang *intermittent* berbanding terbalik dengan bahan bakar fosil.

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan total 17.504 pulau, dan memiliki garis pantai mencapai 99.033 km yang berpotensi untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga bayu atau angin. Angin ini dapat dimanfaatkan menjadi energi untuk menggerakkan

turbin sehingga dapat menghasilkan listrik. Menurut Lampiran I PP No. 22 Tahun 2017, potensi energi bayu di Indonesia mencapai 60,647 GW, tapi perkembangan pemanfaatan energi angin terbilang lambat. Hal ini dapat dilihat dari pemanfaatan energi angin yang hanya mencapai 5,66% yaitu 1,12 MW dari 19,8 MW yang telah direncanakan pada tahun 2017 (Anonim, 2017). Yang mengurangi minat dari masyarakat untuk menggunakan energi angin ini yaitu besarnya fluktuasi kecepatan angin.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Atmadi dan Fitroh (2009), membahas tentang Rancang Bangun Rotor Turbin Angin 10 KW Untuk Memperoleh Daya Optimum Pada Variasi Jumlah dan Diameter Sudu, ditarik kesimpulan bahwa penambahan jumlah sudu akan menghasilkan kenaikan daya rotor karena torsi total yang dihasilkan juga semakin besar. Dan untuk kondisi dengan harga TSR yang rendah, penggunaan jumlah sudu yang banyak akan menghasilkan daya rotor yang lebih baik.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Casteli, et al (2012), membahas tentang *Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darrieus Wind Turbine*, ditarik kesimpulan bahwa untuk kecepatan rendah atau *tip speed ratio* yang kecil antara 1,5 sampai dengan 1,8 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah bilah akan menaikkan efisiensi turbin, sedangkan pada kecepatan angin yang tinggi atau *tip speed ratio* yang lebih besar dari 2, kinerja yang terbaik dihasilkan oleh turbin dengan bilah 3.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Andriawan dan Slamet (2017), tentang Tegangan Keluaran *Solar Cell Type Monocrystalline* Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya, disimpulkan bahwa *solar cell type monocrystalline* menghasilkan karakter tegangan output yang relatif stabil. Sehingga *solar cell* tipe ini cocok dipakai untuk pembangkit listrik tenaga surya pada daerah terpencil.

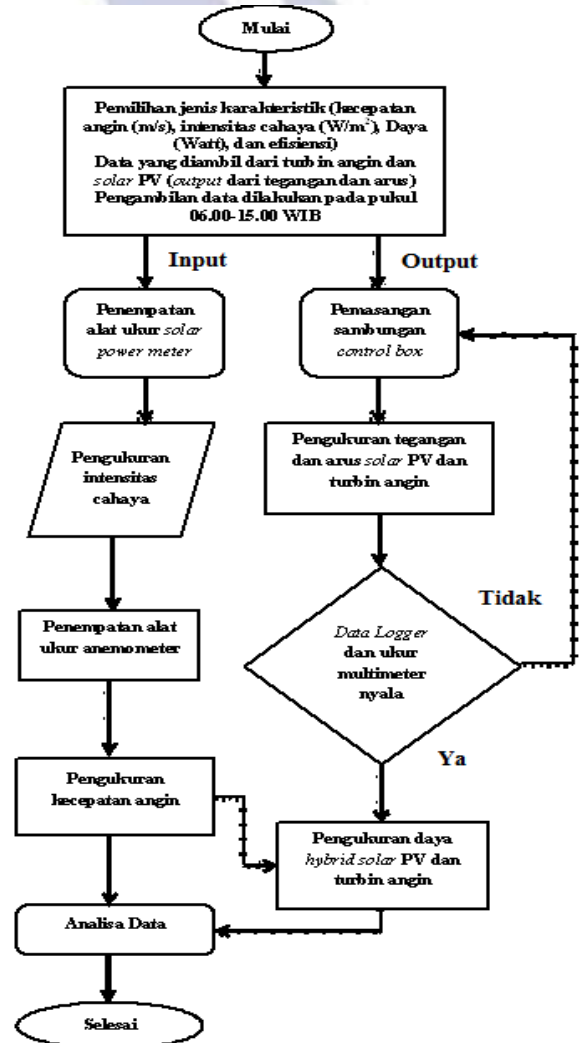
Penelitian sebelumnya yang dilakukan Hayu, dkk (2018), membahas tentang Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan, ditarik kesimpulan bahwa potensi daya yang dapat dihasilkan oleh PLTS pada pukul 07.00 WIB hingga 18.00 WIB sebesar 297,58 W setiap jamnya, sementara PLTB dari pukul 01.00 WIB hingga 24.00 WIB rata-rata setiap jamnya bisa menghasilkan daya sebesar 99,77 W.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Pramadi (2017), tentang Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Performa Pembangkit Listrik *Solar Cell* dan Turbin Angin Skala Rumah Tangga, disimpulkan bahwa pengaruh perubahan beban pembangkit listrik *hybrid solar cell* menghasilkan daya listrik per hari (07.00 – 15.00) sebesar 175,35 W sedangkan turbin angin

meghasilkan daya perhari (07.00 – 15.00) 32,30 W.

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem pembangkit listrik sistem *hybrid* yang efisien dan ramah lingkungan dan mengetahui performa meliputi daya dan efisiensi pembangkit listrik sistem *hybrid* dengan memanfaatkan turbin angin *darrieus* tipe H dan *solar PV*.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Pengujian

### Tempat Penelitian

Pantai Tamban, Desa Tambakrejo Kecamatan Sumbermanjing wetan, Kabupaten Malang.

### Alat dan Instrumen Penelitian

Komponen utama pembangkit listrik sistem *hybrid solarcell* dan turbin angin vertikal model *darrieus* Tipe H, yaitu :

- Tiang Penyangga
- Turbin Angin Model Darrieus Tipe H 6 Blade
- Solar Cell 50 WP

- Control Box / Sistem Kontrol
- Battery Lithium dan Rangkaian Sistem Kontrol

Instrumen penelitian pembangkit listrik sistem *hybrid solarcell* dan turbin angin vertikal model *darrieus* Tipe H, yaitu :

- Rangkaian Sistem Kontrol / Control Box
- Inverter
- Solar Charger Contoller
- Lampu
- Battery Lithium
- Rangkain Kabel
- Multimeter Digital
- Data Logger
- Multimeter
- Anemometer
- Solar Power Meter

**Prosedur Penelitian**

• **Tahap Persiapan**

- Desain model sistem pembangkit listrik *hybrid solarcell* dan turbin angin vertikal model *darrieus* tipe H.
- *Survey* lokasi yang akan digunakan untuk mendirikan pembangkit listrik tenaga *hybrid*.
- Membeli perlengkapan dan alat yang digunakan.
- Menyiapkan instrumen dan alat ukur.

• **Tahap Pelaksanaan**

- Pengambilan data dilakukan pada pukul 06.00 – 15.00 WIB.
- Saat mulai *running*, *solar power meter* akan menangkap posisi intensitas energi cahaya yang terbesar.
- Ukur arus, voltase keluaran, dan intensitas energi surya dengan menggunakan multimeter, dan *solar power meter* dengan pengulangan sebanyak 10 kali.
- Saat mulai *running* turbin angin akan menangkap angin dan akan berputar.
- Ukur arus, voltase keluaran, kecepatan angin, dengan menggunakan multimeter dan anemometer dengan pengulangan sebanyak 10 kali.

• **Tahap Analisis Data**

Analisis data adalah menganalisis semua data yang diperoleh. Data yang diperoleh antara lain :

- Daya yang dihasilkan pada pembangkit listrik *hybrid*.
- Efisiensi yang dihasilkan pada pembangkit listrik *hybrid*

**HASIL DAN PEMBAHASAN**



Gambar 2. Pembangkit Listrik *Hybrid* Turbin Angin Darrieus dan Solar PV

**Hasil Uji**

- Perhitungan daya *input solar* PV ( $P_{in}$ )

Diketahui :  
 Intensitas Cahaya (G) : 760 W/m<sup>2</sup>  
 Perhitungan daya *input solar cell* ( $P_{in}$ ) :  
 $P_{in} = A_s \times G$   
 $P_{in} = 0,378 \text{ m}^2 \times 760 \text{ W/m}^2$   
 $P_{in} = 287,28 \text{ Watt}$

- Perhitungan daya turbin angin ( $P_t$ )

Diketahui :  
 Tegangan (V) : 11,65  
 Kuat Arus (I) : 1,14  
 Perhitungan daya Turbin Angin ( $P_t$ ) :  
 $P_t = V \times I$   
 $P_t = 11,65 \times 1,14$   
 $P_t = 13,28 \text{ Watt}$

- Perhitungan performa pembangkit *hybrid solar* PV dan turbin angin

Diketahui :  
 Daya *output* total solar PV ( $P_s$ ) : 792,70 Watt  
 Daya *output* total turbin angin ( $P_t$ ) : 248,03 Watt  
 Perhitungan daya *in hybrid* ( $P_{inh}$ ) :

$$P_{inh} = \Sigma (P_s + P_t)$$

$$P_{inh} = 792,70 + 248,03$$

$$P_{inh} = 1040,73 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya *output hybrid* ( $P_{outh}$ ) :

$$P_{outh} = \Sigma P_{outh}$$

$$P_{outh} = 536,82 \text{ Watt}$$

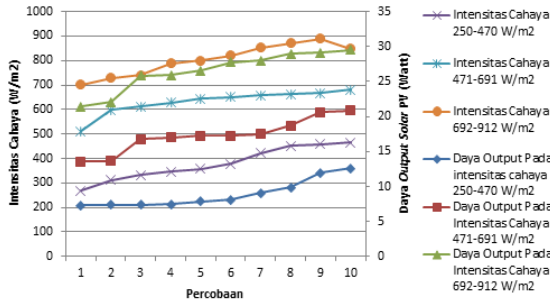
Perhitungan efisiensi pembangkit listrik *hybrid* ( $\eta_h$ )

$$\eta_h = \frac{P_{outh}}{P_{inh}} \times 100\%$$

$$\eta_h = \frac{536,82}{1040,73} \times 100\% = 51,6\%$$

**Analisis dan Pembahasan**

- Perbandingan Intensitas Cahaya dengan Daya out solar PV (P<sub>s</sub>) Pada Hari Ketiga

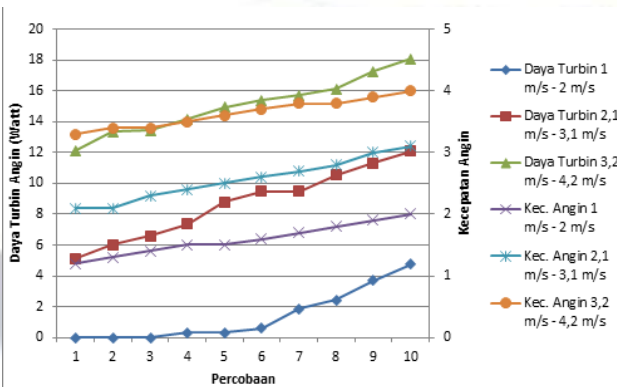


Gambar 3. Perbandingan Intensitas Cahaya dengan Daya out solar PV (P<sub>s</sub>) Pada Hari Ketiga

Gambar 3 dari penjabaran data diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin tinggi pula daya keluaran yang dihasilkan oleh solar PV, dan semakin rendah intensitas cahaya matahari maka semakin rendah pula daya keluaran yang dihasilkan oleh solar PV. Pada intensitas 250 – 470 W/m<sup>2</sup> daya input solar PV mengalami peningkatan yang cukup lambat dikarenakan intensitas cahaya yang dihasilkan matahari di saat pagi hari masih cukup rendah.

Sementara pada intensitas 471 – 691 W/m<sup>2</sup> daya input solar PV mulai mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan peningkatan intensitas cahaya matahari pada siang hari yang dapat meningkatkan intensitas. Kemudian pada intensitas 692 – 912 W/m<sup>2</sup> terjadi peningkatan yang signifikan pada daya input solar PV dikarenakan pada siang hari solar PV mengalami puncaknya saat posisi matahari tepat menghadap solar PV, maka solar PV dapat menangkap intensitas cahaya yang maksimal pada siang hari.

- Perbandingan Kecepatan Angin dengan Daya Turbin Angin (P<sub>t</sub>) Pada Hari Ketiga



Gambar 4. Perbandingan Kecepatan Angin dengan Daya Turbin Angin (P<sub>t</sub>) Pada Hari Ketiga

Gambar 4, dari data yang dijabarkan diatas dapat diketahui bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula daya turbin angin, dimana bila kecepatan angin yang dihasilkan rendah maka daya turbin angin juga rendah. Dapat dilihat dari kecepatan angin 1 – 2 m/s turbin angin mulai dapat menghasilkan daya pada kecepatan 1,5 m/s, seiring meningkatnya kecepatan angin semakin tinggi pula daya yang dihasilkan turbin angin. Pada kecepatan angin rentang 2,1 – 3,1 m/s daya yang dihasilkan oleh turbin angin cenderung meningkat sejalan dengan tren peningkatan kecepatan angin. Kemudian pada kecepatan angin rentang 3,2 – 4,2 m/s terjadi peningkatan daya turbin yang sangat signifikan diakibatkan oleh kecepatan angin yang sangat tinggi di daerah Pantai Tamban Kabupaten Malang.

- Perbandingan Daya Output Solar PV (P<sub>s</sub>) dengan Intensitas Cahaya Setiap 15 Menit Pada Hari Ketiga

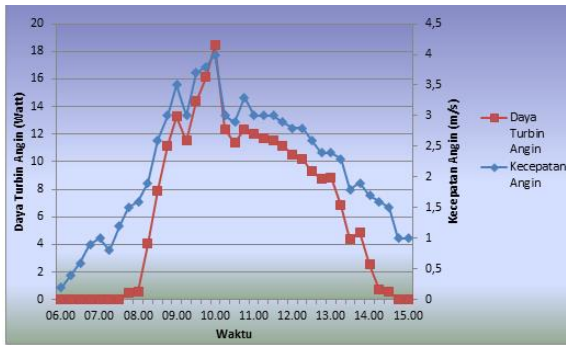


Gambar 5. Perbandingan Daya Output Solar PV (P<sub>s</sub>) dengan Intensitas Cahaya Setiap 15 Menit Pada Hari Ketiga

Berdasarkan gambar 5, besarnya intensitas cahaya mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh solar PV untuk menghasilkan tegangan listrik (V) dan kuat arus (I). Hal tersebut menunjukkan bahwa intensitas cahaya berbanding lurus dengan tegangan dan kuat arus. Besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh solar PV (P<sub>s</sub>) juga berbanding lurus dengan intensitas cahaya.

Dari pukul 06.00 WIB hingga 15.00 WIB daya output solar PV tertinggi yaitu sebesar 29,5 Watt dengan intensitas cahaya 841 W/m<sup>2</sup> pada pukul 12.00 WIB. Sedangkan daya output terendah yaitu sebesar 7,3 Watt dengan intensitas cahaya 267 W/m<sup>2</sup> pada pukul 06.00 WIB. Daya output solar PV dipengaruhi oleh bayangan pohon sehingga mengakibatkan berkurangnya radiasi sinar matahari yang dapat diterima oleh sel-sel pada panel surya.

- Perbandingan Daya Turbin Angin (P<sub>t</sub>) dengan Kecepatan Angin Setiap 15 Menit Pada Hari Ketiga

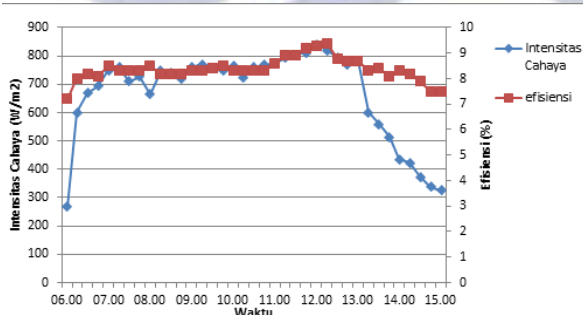


Gambar 6. Perbandingan Daya Turbin Angin ( $P_t$ ) dengan Kecepatan Angin Setiap 15 Menit Pada Hari Ketiga

Gambar 6 dapat diketahui bahwa besarnya kecepatan angin mempengaruhi putaran generator untuk menghasilkan tegangan listrik ( $V$ ) dan kuat arus ( $I$ ). Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan tegangan ( $V$ ) dan kuat arus ( $I$ ). Besarnya daya turbin angin ( $P_t$ ) yang dihasilkan oleh generator juga berbanding lurus dengan kecepatan angin.

Dari pukul 06.00 WIB hingga 15.00 WIB daya turbin angin tertinggi yaitu 18,45 Watt dengan kecepatan angin 4 m/s pada pukul 10.00 WIB. Sedangkan pada pukul 06.00 WIB sampai 07.30 WIB turbin angin tidak bekerja dikarenakan kecepatan angin tidak cukup untuk memutar bilah dari turbin. Turbin angin mulai berputar pada kecepatan 1,5 m/s. Daya *output* yang rendah dipengaruhi oleh lokasi turbin angin yang terhalang oleh pohon-pohon, sehingga angin tidak langsung menabrak *blade* dari turbin angin.

- Perbandingan Efisiensi Solar PV dengan Intensitas Cahaya Pada Hari Ketiga

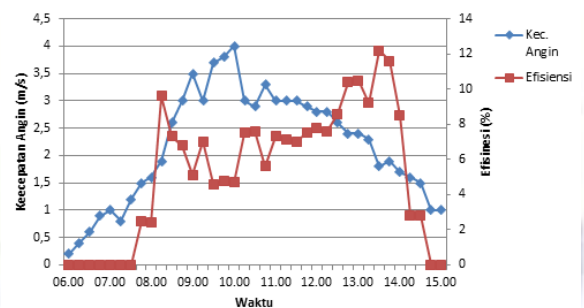


Gambar 7. Perbandingan Efisiensi Solar PV dengan Intensitas Cahaya Pada Hari Ketiga

Berdasarkan Gambar 7, dapat diketahui bahwa Efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh Solar PV yaitu pada jam 12.00 WIB dengan efisiensi yang didapatkan sebesar 9,4%. Lalu efisiensi terendah yang dihasilkan oleh Solar PV yaitu pada jam 15.00

WIB dengan efisiensi sebesar 7,2%. Pada gambar diatas menunjukkan mulai pukul 06.00 WIB hingga pukul 08.00 WIB Solar PV mengalami peningkatan efisiensi seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya matahari, kemudian pada pukul 09.00 WIB hingga pada pukul 12.00 WIB efisiensi Solar PV mengalami peningkatan yang signifikan hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.00 WIB, kemudian pukul 12.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB Solar PV mengalami penurunan efisiensi seiring menurunnya intensitas cahaya matahari. Dari tabel 4.13 dapat diketahui bahwa rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh Solar PV pada hari pertama hingga hari ketiga adalah sebesar 8,2%.

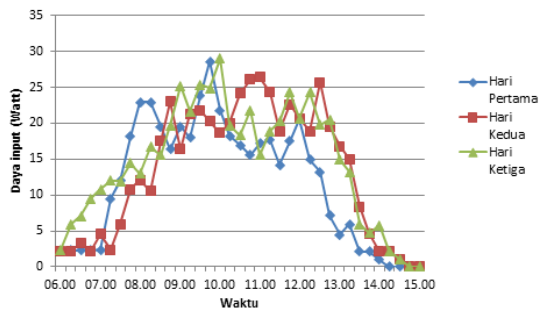
- Perbandingan Efisiensi Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Pada Hari Ketiga



Gambar 8. Perbandingan Efisiensi Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Pada Hari Ketiga

Berdasarkan gambar 8, dapat diketahui bahwa besarnya efisiensi yang dihasilkan cenderung tidak stabil dengan kecepatan angin di lapangan yang cenderung tidak konstan, kecepatan angin yg relatif kecil pada pukul 06.00 WIB hingga pukul 07.30 WIB belum mampu menggerakkan turbin angin dan menyebabkan kecilnya efisiensi yang dihasilkan turbin angin. Kemudian mulai pukul 07.45 WIB besarnya kecepatan angin mampu menggerakkan turbin angin hingga pukul 08.15 WIB dengan kecepatan angin yang cenderung meningkat menyebabkan efisiensi turbin angin terus mengalami peningkatan hingga 9,6%. Selanjutnya hingga pukul 13.00 WIB efisiensi turbin angin cenderung stabil kemudian pada pukul 13.30 WIB efisiensi turbin angin mengalami puncaknya yaitu menghasilkan efisiensi sebesar 12,2%. Selanjutnya mulai pukul 13.45 WIB hingga pukul 15.00 WIB kecepatan angin mengalami penurunan yang cukup signifikan yang menyebabkan turunnya efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin. Dari tabel 4.14 dapat diketahui bahwa rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin pada hari pertama hingga hari ketiga adalah sebesar 5,38%.

- Perbandingan Daya Output Hybrid Pada Hari Pertama, Kedua, dan Ketiga Dengan Waktu



Gambar 9. Perbandingan Daya Output Hybrid Pada Hari Pertama, Kedua, dan Ketiga Dengan Waktu

Pada gambar 4,9 disajikan data perbandingan daya pembangkit listrik Hybrid terhadap waktu. Disini peneliti memulai waktu penelitian pada pukul 06.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB. Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa pembangkit listrik Hybrid yang terdiri dari Solar PV dan turbin angin 6 blade dapat menghasilkan daya tertinggi pada hari pertama sebesar 28,6 Watt. Kemudian pada hari kedua pembangkit listrik hybrid didapatkan daya tertinggi sebesar 26,41 Watt. Sementara pada hari ketiga pembangkit listrik hybrid dapat menghasilkan daya tertinggi sebesar 29 Watt. Dan performa rata-rata pembangkit listrik hybrid selama tiga hari sebesar 955,75 Watt.

Dari grafik dapat dilihat bahwa jika waktu menunjukkan semakin siang maka, daya akan semakin besar, karena intensitas cahaya dan kecepatan angin cenderung bergerak naik dan mengalami kondisi puncaknya pada siang hari. Namun, dalam kondisi ini tidak selalu daya yang dihasilkan stabil saat intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin maksimal. Itu dikarenakan banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi performa pembangkit listrik hybrid seperti, mendung atau hujan, banyaknya pohon disekitar pembangkit membuat banyaknya penghalang intensitas cahaya matahari dan dapat juga membelokkan arah angin yang akan menggerakkan sudu turbin angin. Jika waktu menunjukkan semakin sore, maka daya akan cenderung menurun, diakibatkan karena intensitas cahaya dan kecepatan angin yang cenderung berkurang.

## SIMPULAN

Model pembangkit listrik tenaga hybrid di pesisir pantai dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik dengan menggunakan model sistem solar PV sebagai sumber pembangkit utama atau primer dan turbin angin sebagai sumber pembangkit sekunder pada sistem hybrid.

Model hybrid ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah pesisir pantai tamban dengan performa rata-rata dari pembangkit listrik hybrid PV dan turbin angin, yaitu menghasilkan daya sebesar 0,95 KW/hari dengan efisiensi sebesar 51,1 % dalam 1 hari (06.00 – 15.00), turbin angin vertikal model darrieus tipe H dapat menyokong sebesar 0,21 KW/hari dan solar PV sebesar 0,74 kW/hari.

## SARAN

Perlu dilakukan penelitian dan pengujian lebih lanjut mengenai pembangkit listrik sistem hybrid solar PV dan turbin angin vertikal model darrieus tipe H dalam hal karakteristik solar PV pada sudut kemiringan serta kapasitasnya dan turbin angin pada daya overall turbin angin (Pwt) serta efisiensinya.

Dalam penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan untuk sistem pembangkit listrik hybrid dengan memanfaatkan potensi lainnya pada pesisir pantai.

## KETERBATASAN PENELITIAN

- Pada saat pengambilan data panel surya tidak dilakukan pembersihan terlebih dahulu, sehingga debu dan kotoran menempel pada panel surya dan menyebabkan panel tidak bekerja secara optimal.
- Ketika pengambilan data variasi kecepatan angin tidak dimulai dari kondisi yang sama yaitu pada saat turbin berhenti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Burton, Tony, Sharpe, David, Jenkins, Nick, Bossanyi, Ervin. 2001. *Wind Energy Handbook*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Fiedler, Andrzej and Tullis, Stephen. 2009. *Blade Offsed and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine*. Canada: Mc Master.
- Hau, Erich. 2005. *Wind Turbine 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: Springer.
- Khwee, Kho Hie. 2013. Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya. *Jurnal ELKHA*, Vol. 5, No. 2.
- Mertasana, Putu Arya. 2017. Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Daya Output Yang Dihasilkan Pada PLTS Kayubih Kabupaten Bangli. *Jurnal Online Teknik Elektro*, Vol. 91, No. 4.
- Pytel, Andrew and Kiusalaas, Jaan. 2010. *Engineering Mechanics Dynamics*. Stamford: Cengage Learning.
- Siregar, Indra Herlamba dan Anshori, Aris. 2015. Karakteristik Model Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Darrieus Tipe-H dengan Bilah Hibrid Profil Modified NACA 0018 dan Kurva S.