

## Analisis Teoritis Penggunaan Jenis Turbin Angin terhadap Output Daya Listrik

Maulana Ardiyansyah<sup>1</sup>, Sudarti<sup>1</sup>, Yushardi<sup>1</sup>

Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 03 10 2022

Ditetujui 08 10 2022

Dipublikasikan 11 10 2022

#### Keywords:

Wind Turbines; Wind Energy;  
Electric Power

### Abstrak

Turbin angin merupakan sebuah alat yang mengubah energy kinetic menjadi energy listrik. Untuk saat ini penting untuk meningkatkan efisiensi dari pembangkit tenaga angin dalam menghasilkan daya listrik melalui penggunaan turbin angin. Melihat pertumbuhan populasi manusia yang semakin pesat, membuat kebutuhan energi juga meningkat drastis. Namun pertumbuhan populasi tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan energi. Di karenakan untuk saat ini ketersediaan energi di Indonesia khususnya masih menggunakan sumber daya energi yang tidak dapat di perbaharui. Melihat kekurangan tersebut bisa mengambil solusi dengan penggunaan energi alternatif yang berasal dari alam, salah satu contohnya yaitu energi angin. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui berapa besar output daya listrik dari penggunaan jenis turbin angin. Penelitian ini menggunakan metode studi literature dengan menelaah 15 jurnal atau sumber yang berkaitan dengan penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari dokumen atau sumber- sumber yang berkaitan dengan penelitian

### Abstract

Wind turbine is a tool that converts kinetic energy into electrical energy. For now it is important to improve the efficiency of wind power plants in generating electrical power through the use of wind turbines. Seeing the rapid growth of the human population, the need for energy has also increased drastically. But that population growth is not offset by the availability of energy. Because for now the availability of energy in Indonesia, in particular, still uses energy resources that cannot be renewed. Seeing these shortcomings can take a solution with the use of alternative energy derived from nature, one example is wind energy. The purpose of this study is to find out how much electrical power output from the use of wind turbine types. This research uses the literature study method by examining 15 journals or sources related to research. The data used in this study were taken from documents or sources related to the study.

## PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya industri di Indonesia maka semakin banyak juga limbah. Limbah adalah salah satu masalah utama yang ada di industri Indonesia. Limbah yang berasal dari bahan logam memang sulit untuk didaur ulang. Pemanfaatan limbah logam sangat dibutuhkan industri peleburan logam untuk melebur dan membentuk kembali agar menjadi barang yang memiliki nilai jual yang lebih. Limbah merupakan material sisa dari suatu proses produksi yang dianggap tidak memiliki nilai. Limbah yang didapat dari industri manufaktur metalurgi banyak macamnya, salah satunya adalah limbah dari hasil sisapengerjaan aplikasi metalisasi dan pelapis vakum modern.

Energi Listrik adalah salah satu kebutuhan pokok manusia yang sangat diperlukan untuk melakukan aktivitasnya. Hampir semua alat bantu manusia membutuhkan energi listrik untuk bisa beroperasi. Energi listrik dapat dihasilkan dari suatu pembangkit listrik, pembangkit listrik sendiri ada yang menggunakan bahan bakar dari sumber energi konvensional dan ada yang menggunakan bahan bakar dari energi terbarukan. Untuk bahan bakar energi konvensional bersumber dari fosil yang mana jika digunakan terus menerus akan habis, oleh karena itu untuk menjaga ketersediaan energi listrik agar dapat terus digunakan maka salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu menggunakan bahan bakar pembangkit listrik yang bersumber dari energi terbarukan. Dengan menggunakan pembangkit listrik non-konvensional juga membantu untuk mengurangi efek dari global warming dan juga menjaga lapisan kadar oksigen di bumi sehingga dapat bernafas dengan lega tanpa ada rasa khawatir akan kekurangan oksigen. Penggunaan pembangkit listrik non-konvensional tidak memanfaatkan proses pembakaran untuk dapat menghasilkan energi listrik melainkan pembangkit non-konvensional sendiri memanfaatkan energi yang sudah tersedia di alam untuk dapat menghasilkan energi listrik, contoh dari pembangkit non konvensional sendiri ada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB). Pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) merupakan salah satu pembangkit listrik non-konvensional yang sumber utamanya adalah energi angin untuk dapat menghasilkan listrik.

Angin atau bisa disebut dengan energi angin adalah salah satu bentuk tidak langsung dari energi matahari dikarenakan angin dapat terjadi karena adanya sebuah pemanasan yang tidak merata di permukaan bumi dari matahari itu sendiri. Pada dasarnya, angin dapat bertiup pada semua daerah di permukaan bumi. Energi angin salah satu sumber energi yang dapat dikatakan cukup menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan dan keberadaannya yang cukup melimpah disekitar kita. Energi angin juga diharapkan dapat menjadi jalan keluar dari permasalahan tentang kebutuhan energi di masa yang akan datang. Energi angin itu sendiri merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat dijadikan sumber energi untuk pembangkit listrik. Melihat kondisi di negara tropis pada umumnya memiliki kecepatan angin yang cukup rendah. Di Indonesia sendiri, rata-rata kecepatan angin hanya sebesar 3m/s sampai 5 m/s sehingga sulit untuk dapat menghasilkan energi listrik untuk skala besar dan hanya beberapa daerah di Indonesia yang memiliki kecepatan angin cukup besar. Karena kecepatan angin dan arah angin menjadi faktor utama dari turbin angin untuk dapat menghasilkan energi listrik. Perkiraan data untuk potensi angin di Indonesia sendiri hanya sekitar 9.200 MW.

Pemanfaatan dari energi angin sendiri bisa menggunakan salah satu cara yaitu dengan menggunakan teknologi berupa turbin angin. Turbin angin sendiri merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi sebuah energi mekanik yang berupa putaran poros. Dari putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk memutar dynamo atau generator yang dapat menghasilkan energi listrik. Turbin angin adalah salah satu alat yang memanfaatkan energi angin menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Turbin angin mengubah energi kinetik yang terdapat pada angin menjadi energi listrik dengan memanfaatkan generator. Cara kerja dari turbin angin sendiri merupakan kebalikannya dari cara kerja kipas angin dikarenakan pada kipas angin bertujuan untuk menghasilkan angin bukan untuk menghasilkan listrik. Angin tersebut akan

memutar sudut dari turbin dan poros pun akan bergerak karena dihubungkan dengan generator sehingga listrik dapat dihasilkan. Berdasarkan posisi sumbunya, turbin angin dibagi menjadi dua jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine) dan turbin angin sumbu vertical (Vertical Axis Wind Turbine) yang pada kedua sumbu tersebut memiliki kelebihan dan keunggulan masing-masing. Turbin angin horizontal sering digunakan untuk pembangkit listrik dengan skala besar beserta kecepatan angin yang sedang dan tinggi, sedangkan turbin angin vertical lebih ke arah system pembangkit listrik skala kecil.

Turbin angin jenis Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) memiliki sebuah sumbu putar yang diletakkan sejajar dengan permukaan tanah serta sumbu putar rotor yang memiliki arah yang sama dengan arah angin. Pada jenis horizontal ini, biasanya menggunakan sebuah tiang yang dipasang secara vertical dengan fungsi untuk menopang turbin itu sendiri dan pada bagian belakang kincir diletakkan sebuah anemometer yang memiliki fungsi untuk dapat mencari arah mata angin yang memiliki potensi kekuatan angin yang besar. Melihat berdasarkan letak rotor terhadap arah angin, dibedakan menjadi dua tipe yaitu Upwind dan Downwind. Dimana tipe Upwind mempunyai rotor yang mengarah ke arah datangnya angin sedangkan turbin tipe Downwind mempunyai rotor yang mengarah berlawanan dengan arah datangnya angin. Sedangkan Turbin angin jenis Vertikal Axis Wind Turbine (VAWT) memiliki kapabilitas dengan dapat menahan aliran turbulen angin serta dapat berotasi dengan mudah pada kecepatan angin yang rendah. Pada turbin vertical sendiri tidak memiliki kipas atau blade yang dipasang bergiti tegak dan turbin vertical juga tidak menggunakan anemometer untuk dapat memutar sebuah blade. Turbin angin sumbu vertical mempunyai 2 tipe yaitu tipe Darrieus dan tipe Savonis. Dimana tipe Darrieus memiliki koefisien daya ( $C_p$ ) yang lebih besar daripada koefisien daya ( $C_p$ ) dari tipe Savonis.

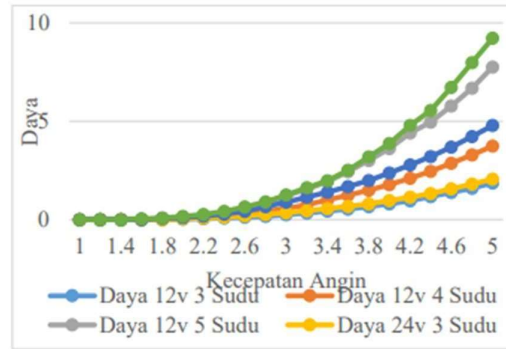
## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode studi literature dengan cara menganalisa 15 jurnal yang relevan pada topik yang sedang diteliti oleh penulis. Data yang didapat merupakan jenis data sekunder yang berarti data yang diperoleh tidak secara langsung. Data yang digunakan untuk hasil penelitian nanti didapat dari dokumen-dokumen atau referensi yang berkaitan dengan penelitian. Dari metode Studi Literatur tersebut akan mendapatkan data yang dibutuhkan seperti tegangan yang dihasilkan oleh turbin dan setelah mendapatkan data yang dibutuhkan maka akan di analisa untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis perbandingan dari daya yang dihasilkan oleh turbin angin tipe vertical dengan turbin angin tipe horizontal. Hasil yang didapatkan akan dijadikan tinjauan dalam menentukan pilihan turbin angin yang digunakan nantinya.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Turbin angin sumbu horizontal biasanya memiliki konstruksi yang berfungsi untuk memaksimalkan tangkapan atau laju angin karena posisi sudu dari turbin angin tegak lurus dengan arah angin. Karena posisi yang tegak lurus tersebut, turbin angin horizontal harus dilengkapi dengan sebuah system pengereman yang berfungsi untuk meminimalisir terjadinya kelebihan putaran yang disebabkan kecepatan angin yang kencang.

Berdasarkan jurnal dari 1) Aspriyanti dkk, pada tahun 2021. Hasil pengujian besar daya yang dihasilkan oleh turbin angin dengan berdasarkan jumlah sudu yang berbeda dan pembebanan, pada beban yang diberikan sebesar 12 V turbin dengan sudu 3 buah menghasilkan daya terendah sebesar 0,025 Watt pada kecepatan angin sebesar 2 m/s, dan untuk penghasil daya tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan jumlah sudu 5 buah sebesar 5,028 Watt namun pada kecepatan angin 5 m/s.



**Gambar 1.** Perbandingan Setiap Sudu dengan Pembebanan

Lalu pada beban yang diberikan sebesar 24 V turbin dengan jumlah sudu 3 buah tetap menghasilkan daya terendah sebesar 0,052 Watt pada kecepatan angin sebesar 2 m/s, dan untuk daya tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan jumlah sudu 5 buah sebesar 9,22 Watt namun pada kecepatan angin sebesar 5 m/s.

Berdasarkan hasil yang didapat dengan menggunakan variasi jumlah sudu didapatkan sebuah perbedaan karakteristik turbin satu dengan turbin lainnya. Turbin dengan jumlah sudu 5 buah cenderung menghasilkan daya yang lebih besar daripada turbin dengan jumlah sudu lainnya. Itu karena turbin dengan jumlah sudu 3 buah memiliki jarak antar sudu yang terlalu jauh sehingga mengakibatkan proses distribusi angin tidak merata ke antar sudu dan energy yang diperoleh hilang yang menyebabkan menghasilkan daya yang lebih sedikit. Sedangkan turbin dengan jumlah sudu 5 buah memiliki jarak antar sudu yang tidak terlalu jauh sehingga dapat menghasilkan putaran yang optimal dan menghasilkan daya yang lebih besar.

Dalam pemberian beban pada turbin angin juga dapat mempengaruhi performa dari sudu dan turbin dalam hal menghasilkan energy listrik. Pada penelitian ini beban yang diberi berupa Lampu LED dengan 24V menghasilkan daya yang lebih daripada Lampu LED dengan 12V, hal tersebut karena semakin besar beban yang diberi maka semakin besar juga kuat arus yang dihasilkan serta pemberian beban pada turbin juga dapat meningkatkan kemampuan turbin dalam menghasilkan energy listrik. Dalam penelitian ini juga, nilai dari TSR (Tip Speed Ratio) dan CP (Koefisien Daya) optimal yang dapat dihasilkan oleh turbin yaitu turbin dengan jumlah 5 sudu pada kecepatan angin sebesar 5 m/s dengan beban yang diberikan sebesar 24V. Melihat dari hasil tersebut diketahui bahwa nilai terendah dari TSR yaitu 4,139 pada turbin 3 sudu sedangkan yang tertinggi yaitu 6,93 pada turbin 5 sudu. Sedangkan untuk nilai CP terendah yaitu 0 pada turbin 3 sudu dan untuk nilai CP tertinggi yaitu 0,241 pada turbin 5 sudu.

Sangidzun et al (2021) dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa semakin banyak jumlah sudu pada suatu turbin maka akan mengakibatkan semakin besar gaya angkat yang bekerja pada turbin sehingga mengakibatkan turbin tetap dapat berputar meski pada kecepatan angin yang rendah. Variasi yang digunakan dalam pengujian yaitu tiga, empat dan lima buah sudu dengan tambahan sebuah winglet. Penelitian lain juga mendapatkan hasil yaitu bahwa nilai dari Koefisien Daya (CP) yang ideal pada sebuah turbin akan menjadi semakin meningkat apabila jumlah sudu yang terpasang pada turbin semakin banyak. Hal tersebut mengakibatkan rasio gaya lift dan drag pada sudu menjadi tidak terbatas serta rasio kecepatan ujung juga akan mendekati tak terhingga sehingga koefisien daya pada sebuah turbin angin akan mendekati batas Betz.

Berbeda dengan turbin angin sumbu horizontal, turbin angin sumbu vertical memiliki konstruksi yang lebih sederhana dikarenakan posisi dari turbin angin berdekatan dengan permukaan tanah. Turbin angin vertical juga memiliki sebuah startup untuk kecepatan angin rendah dan kemampuan untuk dapat menerima tangkapan atau laju angin dari segala arah.

Berdasarkan jurnal dari 1)Sang Aji dan Mahendra Widyartono, pada tahun 2020. Didapat hasil yaitu

: Pada Pengukuran Tegangan Rata-Rata yang Dihasilkan yang bertujuan untuk mengetahui kinerja generator dc seperti besar tegangan luaran (v) dengan menggunakan jumlah sudu 3, 4, 5 buah dan kecepatan angin yang berbeda.

**Table 1.** Hasil Pengukuran 3 Sudu

Kecepatan Angin (m/s)	Hasil Pengukuran
	Rata-rata Tegangan yang dihasilkan (V)
3	1,398
5	2,297
6	2,493
8	2,932

Hasil pada sudu 3 buah, tegangan luaran generator pada kecepatan angin sebesar 3 m/s menghasilkan tegangan luaran rata-rata sebesar 1,398 V, pada kecepatan angin sebesar 5 m/s menghasilkan tegangan luaran rata-rata sebesar 2,297 V, sedangkan untuk kecepatan angin sebesar 6 m/s menghasilkan tegangan luaran rata-rata sebesar 2,493 V dan untuk kecepatan angin sebesar 8 m/s menghasilkan tegangan luaran rata-rata sebesar 2,932 V.

**Table 2.** Hasil Pengukuran 4 Sudu

Kecepatan Angin (m/s)	Hasil Pengukuran
	Rata-rata Tegangan yang dihasilkan (V)
3	1,403
5	2,314
6	2,543
8	2,872

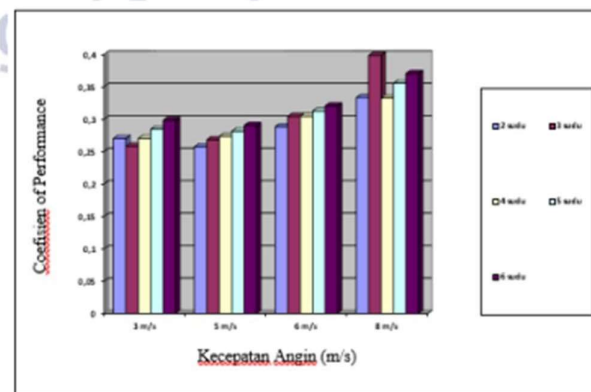
Hasil pada sudu 4 buah, tegangan luaran generator pada kecepatan angin sebesar 3 m/s menghasilkan tegangan luaran sebesar 1,403 V, pada kecepatan angin sebesar 5 m/s menghasilkan tegangan luaran sebesar 2,314 V, sedangkan pada kecepatan angin sebesar 6 m/s menghasilkan tegangan luaran rata-rata sebesar 2,543 V dan terjadi peningkatan tegangan luaran sebesar 2,872 V pada kecepatan angin sebesar 8 m/s.

**Table 3.** Hasil Pengukuran 5 Sudu

Kecepatan Angin (m/s)	Hasil Pengukuran Rata-rata Tegangan yang dihasilkan (V)
3	1,335
5	2,248
6	2,43
8	2,843

Lalu hasil yang di dapat pada 5 buah sudu, sebesar 1,335 V tegangan luaran rata-rata pada kecepatan angin sebesar 3 m/s, lalu pada kecepatan angin 5 m/s tegangan luaran rata-rata nya sebesar 2,248 V dan 2,43 V tegangan luaran rata-rata pada kecepatan angin sebesar 6 m/s, sedangkan untuk kecepatan angin sebesar 8 m/s menghasilkan tegangan luaran sebesar 2,843 V.

Dari data di atas, terlihat bahwa ada sebuah perbedaan besar nilai tegangan luaran yang dihasilkan akibat penggunaan jumlah sudu yang berbeda meskipun turbin yang terpasang bekerja pada kecepatan angin yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai self starting dari turbin angin sumbu vertical dengan jumlah sudu yang berbeda dapat mempengaruhi besar kecilnya tegangan luaran yang dihasilkan oleh system turbin angin sumbu vertikal. Nilai self starting dari setiap turbin dengan jumlah sudu yang berbeda terpengaruh oleh torsi yang ada di masing-masing turbin dengan jumlah sudu yang berbeda. Masing-masing jumlah sudu memiliki sebuah massa yang berbeda-beda sehingga mengakibatkan terpengaruhnya besar momen inersia dan kecepatan berputar dari turbin angin sehingga menghasilkan besar tegangan luaran yang berbeda. Kecepatan angin juga berdampak pada self starting dari masing- masing turbin.

**Gambar 2.** Grafik CP pada setiap Sudu

Pada gambar di atas terlihat nilai dari coefisien of performance atau factor daya ( CP), untuk jumlah sudu 3 buah mendapatkan hasil sebesar 0,258 pada kecepatan angin 3 m/s, pada kecepatan angin 5 m/s mendapatkan hasil sebesar 0,273, hasil sebesar 0,304 pada kecepatan angin 6 m/s dan pada kecepatan angin sebesar 8 m/s hasil yang didapat yaitu sebesar 0,398. Untuk jumlah sudu 4 buah terdapat hasil sebesar 0,270 pada kecepatan angin 3 m/s, 0,273 pada kecepatan angin sebesar 5 m/s, 0,304 hasil yang didapat dari kecepatan angin sebesar 6 m/s dan pada kecepatan angin sebesar 8 m/s didapatkan hasil sebesar 0,352. Sedangkan untuk jumlah sudu 5 buah, hasil yang didapat pada kecepatan angin sebesar 3 m/s yaitu 0,248, 0,281 pada kecepatan angin 5 m/s, 0,312 pada kecepatan angin 6 m/s dan pada kecepatan angin sebesar 8 m/s hasil yang didapat 0,355. Besar nilai TSR dan CP

pada turbin dengan jumlah sudu yang sedikit mengakibatkan torsi yang dihasilkan akan semakin kecil. Itu dikarenakan nilai torsi yang kecil yang memberikan keuntungan untuk turbin untuk bekerja pada kecepatan angin yang tidak konstan karena dapat mempengaruhi self starting dari generator saat memulai sebuah putaran dan selama proses berputar.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari perbandingan antara turbin angin tipe horizontal dengan turbin angin tipe vertical, daya tertinggi yang dihasilkan oleh turbin angin tipe horizontal yaitu sebesar 0,241 sedangkan pada turbin angin tipe vertical daya tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,355. Melihat daya tertinggi yang dihasilkan turbin angin vertical lebih besar menghasilkan daya daripada turbin angin horizontal, hal tersebut juga sesuai dengan keadaan geografis di Indonesia sendiri yang lebih cocok menggunakan turbin angin tipe vertical karena kecepatan angin di Indonesia relative rendah.

Salah satu factor yang mempengaruhi performa turbin adalah jumlah sudu. Semakin banyak jumlah sudu di sebuah turbin, maka jumlah torsi yang dihasilkan turbin juga akan semakin banyak. Dengan kata lain, penambahan jumlah sudu tersebut mengakibatkan energy kinetic dari aliran energi angin akan menjadi lebih efisien diubah menjadi energy mekanis oleh sudu-sudu tersebut, namun jika terlalu banyak juga tidak baik karena dapat menyebabkan penurunan efisiensi dari turbin. Factor lain yang dapat mempengaruhi turbin dalam menghasilkan daya listrik yaitu pemberian beban pada turbin, jika beban yang diberikan semakin besar maka akan menyebabkan semakin besar juga daya yang dihasilkan oleh turbin angin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, S., Widartono, M. 2020. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Generator Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal. *Jumlah Teknik Elektro*. 9(3).
- Andriyani, Y, P., Munastha, Y, A. 2020. Analisis Potensi dan Pemetaan Teknologi Turbin Angin Di Seluruh Indonesia. *Jurnal ReTims*. 3(2).
- Aspriyanti, V, A., Saputro, H., Wijayanto, D, S. 2021. Pengaruh Jumlah Sudu dan Pembebanan Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Oleh Turbin Angin Sumbu Horizontal Skala Mikro. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. 3(3).
- Fadillah, R, Z., Mahendra, A, I., Pangestu, M, B, B., Afriansyah., Rahman, A, F., Muhasabah, A., Susanty, M., Setiawan, E. 2021. Perbandingan Penggunaan Panel Surya dan Turbin Angin dalam Implementasi Energi Baru Terbarukan (EBT) di Lingkungan Universitas Pertamina. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 22(1).
- Rizianiza, I., Herfandi, D. 2020. Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Daya Pada Turbin Angin Sumbu Vertical Tipe Rotor Ccrossflow Untuk Optimalisasi Angin Di Wilayah Pantai Kota Balikpapan. *Rekayasa Mesin*. 11(2).
- Gunawan, L., Santoso, D, B. 2022. Analisis Perbandingan Daya Output Turbin Angin Tipe Vertikal (Generator 300 W) dan Panel Surya (Monokristalin 200 Wp). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 8(13).
- Hetharia, M., Hernowo, S., Irianto, S., Wicaksono, K. 2021. Pemanfaatan Energi Angin Untuk Menghasilkan Listrik. *Jurnal Voering*. 6(2).
- Islahuddin., Ardhy, S., Putra, M, E. 2021. Analisa Eksperimental Pengujian Turbin Angin Propeller Tiga Sudu Horizontal Axis. *Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*. 5(2).
- Muqtavin, M, A., Martini, N. 2020. Analisa Pengaruh Sudut Sudu dan Diameter Pulley terhadap Daya yang Dihasilkan pada Turbin Angin Savonius. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*. 3(2).
- Simanjuntak, J, N., Tangkuman, S., Rondonuwu, I. 2020. Simulasi Pengaruh Jumlah dan Panjang Sudu

- Terhadap Daya Turbin Angin Tipe Poros Horizontal. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*. 10(1).
- Sistiawan, Y, A, T., Gunoto, P. 2019. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybride (Tenaga Surya dan Tenaga Angin) dengan Kapasitas 20 W. *Sigma Teknika*. 2(1).
- Sukmana, A, G., Aryandi, W., Sunyoto. 2021. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya Keluaran Turbin Angin Tipe Helical Savonius dengan 3 Sudu. *Jurnal Inovasi Mesin*. 3(2).
- Sulistyono., Faizal, E., Salim, A, T, A. 2020. Pengaruh Variasi Radius Sudu Turbin Angin Darrieus Tipe Sudu-J. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur (JETM)*. 3(2).
- Syafriyudin., Suyanto, M., Subandi., Nurhakim, M, W. 2020. Pengujian Karakteristik Turbin Angin Tipe Horizontal Sudu Flat Multiblade Dengan Pengaturan Sudut Sudu. *Journal of Electrical Power Control and Automation*. 3(1).
- Wiratama, I,K., Okariawan, I, D, K., Yudhiadi., Mara, I, M., Juliasah, A. 2019. Analisis Pengaruh Profil Sudu dan Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal pada Daerah Kecepatan Angin Rendah. *Dinamika Teknik Mesin*. 6(2).