

ANALISA PERBANDINGAN JUMLAH SUDU PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA KINCIR ANGIN SAVONIUS

M. Abdus Shomad¹, Edi Purnomo²
Program Studi D3 Teknik Mesin Program Vokasi
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Bantul, Yogyakarta. Kode Pos : 55183

ABSTRAK

Kincir angin adalah sebuah alat yang dipergunakan untuk Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Fungsi dari kincir angin ini dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Objek penelitian ini adalah pengujian perbandingan jumlah sudu pada pembangkit listrik tenaga kincir angin savonius. Pengujian pada penelitian ini menggunakan angin alami. Kecepatan angin yang digunakan adalah 3,4 m/s , 4,7 m/s , 5,8 m/s , dengan variasi sudu 3, sudu 4 dan sudu 6. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa perbandingan kecepatan angin terhadap putaran poros pada variasi sudu 3, sudu 4, dan sudu 6 mempunyai hasil yang berbeda-beda.

Pada penelitian ini putaran poros tertinggi menghasilkan 80,1 rpm dengan kecepatan angin 5,8 m/s pada variasi sudu 3. Sedangkan putaran poros terendah menghasilkan 45,8 rpm dengan kecepatan angin 3,4 m/s pada variasi sudu 3. TSR minimum pada variasi sudu 6 dengan kecepatan angin 5,8 m/s = 60,33 sedangkan TSR maksimum pada variasi sudu 4 dengan kecepatan angin 3,4 m/s = 85,05.

Kata kunci : Kincir angin savonius, variasi sudu, putaran poros, *Tip Speed Ratio*

1. Pendahuluan

Pada perkembangan di masa kini terkait dengan kebutuhan energi yang sedang mengalami peningkatan dikarenakan pertumbuhan penduduk yang pesat serta sumber daya energi fosil yang terbatas. Sehingga kita perlu mencari sumber daya alternatif terbaru dan ramah lingkungan, murah, dan mudah dibuat. Dimasa ini banayak energi alternatif yang banyak dikembangkan seperti energi surya, energi panas bumi, bio gas dan angin. Salah satu energi alternatif yang sangat fleksibel serta secara cuma-cuma kita dapatkan yaitu energi angin. Angin merupakan bentuk energi yang mempunyai banyak manfaat dan sudah ada sejak dulu. Selain itu energi ini telah lama di gunakan oleh manusia. Kincir angin adalah sebuah alat yang dipergunakan untuk Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Fungsi dari

kincir angin ini dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Dari hasil putaran poros tersebut dapat menghasilkan beberapa hal yang menguntungkan bagi kita misalnya seperti memutar generator, dinamo maupun untuk menghasilkan tenaga listrik.

Kincir angin memiliki beberapa komponen, salah satunya yaitu sudu. Sudu pada kincir angin secara arah sumbu dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu horizontal dan vertikal. Pada kincir angin salah satu komponen utamanya ialah sudu. Dengan energi kinetik pada angin yang mengenai sudu sehingga energi kinetik tersebut dikonversikan menjadi energi mekanik. Sehingga salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja kincir angin ialah kecepatan angin.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh perbandingan jumlah sudu terhadap energi mekanik yang dihasilkan dan untuk mengetahui *Tip Speed Ratio* yang dihasilkan dari penggunaan 3 sudu, 4 sudu dan 6 sudu.

2. Dasar Teori

Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari udara yang bertekanan tinggi ke udara yang bertekanan rendah. Angin terjadi karena adanya perbedaan temperatur udara antara udara panas dan dingin. Di setiap daerah memiliki temperatur udara dan kecepatannya yang berbeda-beda.

Energi Angin

Energi angin adalah energi yang berasal dari alam, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan dingin. Ketika di daerah panas maka udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang dingin, sehingga udara menjadi dingin dan turun kebawah dengan demikian terjadi suatu perputaran udara.

Kincir Angin

Kincir angin merupakan alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kinetik pada angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Kincir angin masuk kedalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Energi mekanik yang dihasilkan oleh kincir angin dapat dikonversikan lagi kedalam energi lain seperti energi listrik.

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

Vertical Axis Wind Turbine merupakan kincir angin yang menggunakan poros dengan arah vertikal dengan istilah VAWT adalah kincir angin yang porosnya vertikal. Kincir jenis ini dapat menerima angin dari segala arah karena bentuk rotornya mengelilingi poros.

Horizontal Axis wind Turbine (HAWT)

Horizontal Axis wind Turbine merupakan kincir angin dengan arah poros utama horizontal, istilah lain dari HAWT adalah kincir angin poros horizontal. Kincir angin poros horizontal memiliki rotor yang tegak lurus terhadap porosnya sehingga putaran rotor hanya terjadi karena terpaan angin yang datang dari satu arah.

Sudu Kincir Angin

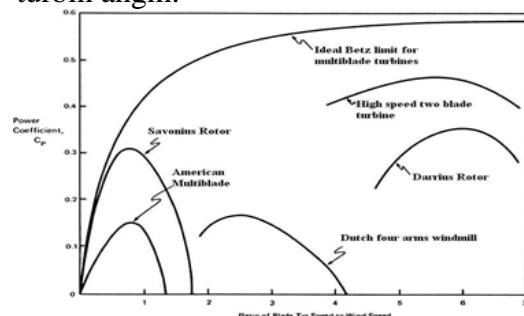
Sudu atau rotor adalah alat yang berfungsi untuk menghasilkan gaya putaran atau energi mekanik akibat energi kinetik dari angin yang mengenai sudu. Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap putaran yang dihasilkan oleh rotor. Selain kecepatan angin, desain sudu serta jumlah sudu juga sangat mempengaruhi putaran yang dihasilkan.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kincir Angin

Faktor yang mempengaruhi karakteristik suatu kincir angin adalah Energi Kinetik, Densitas massa, Kecepatan, Daya Angin, Torsi, Kecepatan Sudu, Daya Turbin, *Tip Speed Ratio*.

Perbandingan Koefisien Daya terhadap *Tip Speed Ratio*

Perbandingan C_p terhadap tsr merupakan hasil yang didapat setelah melakukan penelitian pada setiap ujung kerja turbin angin. Dari kurva C_p dengan tsr ini maka dapat dilihat perbedaan karakteristik dari sebuah turbin angin.



Perhitungan Tip Speed Ratio (tsr)

Tip Speed Ratio adalah perbandingan antara kecepatan ujung sudu kincir angin yang melingkar dengan kecepatan angin yang melewatinya, dan ketika akan membuat kincir angin, pertama kali yang harus diperhatikan adalah Tip Speed Ratio.

Penghitungan TSR dapat dihitung melalui persamaan:

$$TSR (\lambda) = \frac{\text{Speed of Rotor Tip}}{\text{Wind Speed}} = \frac{v}{V} = \frac{\omega r}{V} = \frac{2\pi n r}{30 V}$$

Keterangan :

V : Kecepatan angin (m/s)

$V = \omega r$: Kecepatan putaran rotor (m/s)

r : Jari-jari rotor (m)

f : Frekuensi rotasi (Hz)

n : Putaran poros kincir tiap detik (rps)

asumsi : $f = n$

$\omega = 2\pi n r$: Rotasi putaran kincir angin (radian/s)

3. Metode Penelitian

Tempat Penelitian

Tempat perancangan turbin kincir angin savonius tipe U bertempat di laboratorium praktikum D3 Teknik Mesin Progam Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang beralamat di Jalan Hos Cokroaminoto, No. 17, Pakuncen, Wirobrajan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tempat pengujian turbin kincir angin savonius tipe U akan dilakukan di Pantai Baru, Poncosari, Srandakan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian akan dilakukan dari jam 07.00 sampai 18.00 WIB.

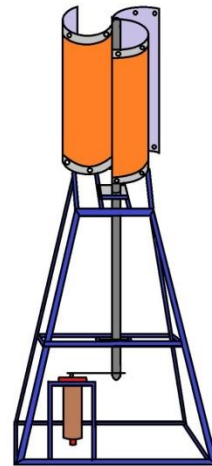
Alat dan Bahan

- Alat: tool box set, las listrik, gerinda tangan, penggaris siku, meteran, bor listrik, anemometer, tachometer.
- Bahan : besi, baja strip, poros, sudu.

Proses Pembuatan Sudu Kincir Angin Savonius

1. Persiapkan alat dan bahan yang akan dalam pembuatan sudu kincir angin savonius.
2. Siapkan resin dan katalis dengan perbandingan 100: 1.
3. Kemudian siapkan cetakan lalu bersihkan cetakan dari kotoran yang menempel pada permukaan dengan menggunakan kain yang sudah dibasahi.
4. Setelah kering permukaan cetakan kemudian diberi lapisan mirror gaze hal ini untuk memberikan efek minyak pada permukaan sehingga lebih memudahkan komposit terlepas.
5. Setelah mirror gaze benar-benar diolesi merata pada permukaan kemudian cetakan dijemur pada terik matahari untuk membantu proses pengeringan lebih cepat.
6. Setelah mirror gaze yang tadinya dijemur kering lakukan pengolesan yang kedua kali untuk mendapatkan lapisan mirror gaze yang tebal kemudian jemur kembali hingga kering.
7. Setelah mirror gaze lapisan ketiga kering kemudian cetakan diberi lapisan pva yang berfungsi untuk membuat compost tidak lengket pada cetakan dan cenderung mudah dilepas bila menggunakan air.
8. Selesai pengolesan pva pada cetakan kemudian cetakan dijemur pada matahari hingga kering lalu setelah kering lapis kembali dengan cairan pva sebanyak 3x lalu jemur kembali.
9. Saat menunggu lapisan pva kering lakukan pemotongan serat fiberglass wover roving 200gr dan acak dengan ukuran yang sudah di sesuaikan.
10. Setelah selesai pemotongan cetakan lalu ambil resin dan katalis yang sudah diukur kemudian campur resin dengan katalis aduk secara perlahan hingga merata kemudian ambil cetakan yang sudah dijemur tadi lalu tuangkan diatasnya secara perlahan.

11. Cairan resi dan katalis yang sudah dituangkan tadi kemudian dioles menggunakan kuas hingga merata lalu setelah merata tempelkan lapisan pertama serat acak yang sudah terpotong tadi lalu ditekan-tekan agar cairan resin merata kemudian tuangkan lagi cairan resin lalu tekan-tekan kembali agar serat benar-benar terkena cairan resin.
12. Kemudian tempelkan lapisan kedua yaitu serat wr200 kemudian tempel lalu tekan-tekan kembali hingga merata, setelah penekanan merata tuangkan kembali cairan resin kesemua lapisan serta lalu tekan kembali dan olesakan agar cairan yang dituangkan tidak menumpuk di bagian tertentu.
13. Setelah semua selesai diamkan komposit hingga mengeras selama 24 jam kemudian setelah mengeras angkat komposit dari cetakan, lalu potong bagian yang tidak di perlukan pada komposit tersebut.
14. Sesudah mengilangkan bagian sudu yang tidak diperlukan kemudian sudu kincir angin savonius dihaluskan bagian yang tidak rata menggunakan gerinda tangan setelah kincir di nilai sudah halus kemudian sudu kincir angin di beri cat untuk memperbagus tampilan sudu kincir angin savonius.
15. Sudu kincir angin savonius yang sudah diberi cat akan direkatkan dengan penyangga sudu yang sudah dibuat. Penggabungan sudu dengan penyangga menggunakan baut.
16. Sesudah penyangga sudu terpasang dengan sudu kincir angin savonius maka selanjutnya penyangga sudu dipasang dengan poros yang sudah disiapkan setelah selesai penyatuan penyangga sudu dengan poros, kemudian poros di masukan ke bearing yang ada tower kincir angin savonius.



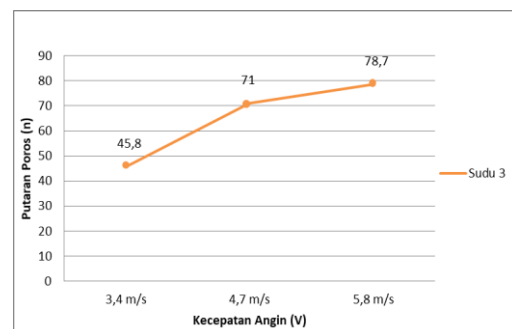
Gambar 2.8 Rangkain Kincir Angin Savonius

4. Hasil dan Pembahasan Penguji-an Kincir Angin Savonius dengan Sudu 3, Sudu 4 dan Sudu 6.

Penguji-an Kincir Angin Savonius dengan Sudu 3:

No.	Jari-Jari Kincir (r)	Kecepatan Angin (V)	Putaran Poros (n)
1.	0,45 m	3,4 m/s	45,8 rpm
2.	0,45 m	4,7 m/s	71,0 rpm
3.	0,45 m	5,8 m/s	78,7 rpm

Tabel 4.1 Data Penelitian pada Sudu 3



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin (V) terhadap Putaran Poros (n) dengan Variasi Sudu 3

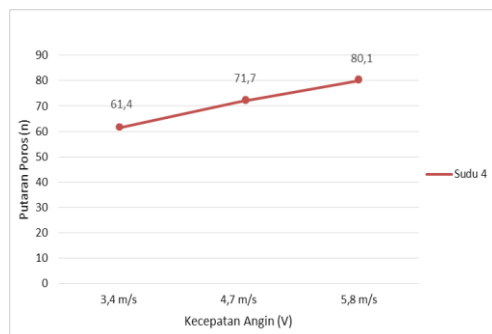
Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan angin (V) terhadap putaran poros (n) dengan variasi sudu 3 yaitu kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran poros yang dihasilkan, artinya semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi putaran poros. Kincir angin dengan variasi sudu 3 pada kecepatan angin terendah 3,4 m/s

menghasilkan putaran poros sebesar 45,8 rpm sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 5,8 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 80,1rpm.

Pengujian Kincir Angin Savonius dengan Sudu 4:

No.	Jari-Jari Kincir (r)	Kecepatan Angin (V)	Putaran Poros (n)
1.	0,45 m	3,4 m/s	61,4 rpm
2.	0,45 m	4,7 m/s	71,7 rpm
3.	0,45 m	5,8 m/s	80,1 rpm

Tabel 4.2 Data Penelitian pada Sudu 4



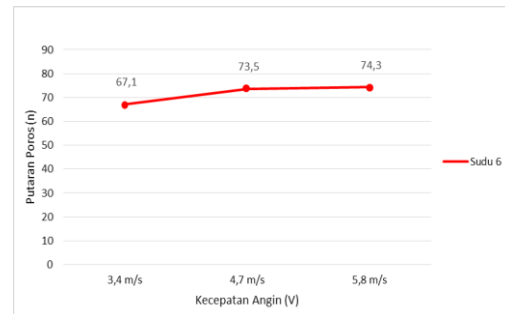
Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin (V) terhadap Putaran Poros (n) dengan Variasi Sudu 4

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan angin (V) terhadap putaran poros (n) dengan variasi sudu 4 yaitu kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran poros yang dihasilkan, artinya semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi putaran poros. Kincir angin dengan variasi sudu 4 pada kecepatan angin terendah 3,4 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 61,4 rpm sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 5,8 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 80,1 rpm.

Pengujian Kincir Angin Savonius dengan Sudu 6:

No.	Jari-Jari Kincir (r)	Kecepatan Angin (V)	Putaran Poros (n)
1.	0,45 m	3,4 m/s	67,1rpm
2.	0,45 m	4,7 m/s	73,5rpm
3.	0,45 m	5,8 m/s	74,3rpm

Tabel 4.3 Data Penelitian pada Sudu 6



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin (V) terhadap Putaran Poros (n) dengan Variasi Sudu 6

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan antara kecepatan angin (V) terhadap putaran poros (n) dengan variasi sudu 6 yaitu kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran poros yang dihasilkan, artinya semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi putaran poros. Kincir angin dengan variasi sudu 6 pada kecepatan angin terendah 3,4 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 67,1 rpm sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 5,8 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 74,3 rpm.

Perhitungan TSR (*Tip Speed Ratio*) dengan Sudu 3

- Percobaan 1: didapatkan *tsr* sebesar 0,634
- Percobaan 2: didapatkan *tsr* sebesar 0,711
- Percobaan 3: didapatkan *tsr* sebesar 0,639

Perhitungan TSR (*Tip Speed Ratio*) dengan Sudu 4

- Percobaan 1: didapatkan *tsr* sebesar 0,850
- Percobaan 2: didapatkan *tsr* sebesar 0,718
- Percobaan 3: didapatkan *tsr* sebesar 0,650

Perhitungan TSR (*Tip Speed Ratio*) dengan Sudu 6

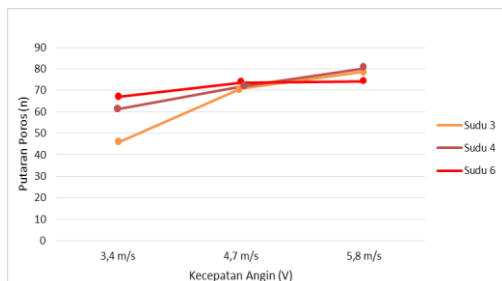
- Percobaan 1: didapatkan *tsr* sebesar 0,929
- Percobaan 2: didapatkan *tsr* sebesar 0,736
- Percobaan 3: didapatkan *tsr* sebesar 0,603

Analisa Hasil

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapat analisa yaitu:

Perbandingan Kecepatan Angin terhadap Putaran Poros pada Variasi Sudu 3, Sudu 4 dan Sudu 6			
Variasi Sudu	Jari-jari Kincir (r)	Kecepatan Angin (V)	Putaran Poros (n)
Sudu 3	0.45	3,4 m/s	45,8 rpm
	0.45	4,7 m/s	71,0 rpm
	0.45	5,8 m/s	78,7 rpm
Sudu 4	0.45	3,4 m/s	61,4 rpm
	0.45	4,7 m/s	71,7 rpm
	0.45	5,8 m/s	80,1 rpm
Sudu 6	0.45	3,4 m/s	67,1 rpm
	0.45	4,7 m/s	73,5 rpm
	0.45	5,8 m/s	74,3 rpm

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Kecepatan Angin terhadap Putaran Poros pada Variasi Sudu 3, Sudu 4 dan Sudu 6



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kecepatan Angin terhadap Putaran Poros pada Variasi Sudu 3, Sudu 4 dan Sudu 6

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran yang dihasilkan, artinya semakin besar kecepatan angin yang diberikan terhadap sudu kincir angin maka semakin besar pula energi putaran kincir yang dihasilkan, semakin besar energi yang diberikan oleh angin terhadap kincir maka energi yang dapat dikonversikan kincir menjadi putaran semakin meningkat dan dapat dilihat bahwa putaran maksimal yang dihasilkan kincir angin sebesar 80,1 rpm dengan kecepatan angin maksimal yaitu 5,8 m/s pada jumlah sudu 4, sedangkan untuk putaran minimal yang terjadi pada

kecepatan angin yaitu 3,4 m/s sebesar 45,8 rpm pada jumlah sudu 3. Dari variasi jumlah sudu yang dilakukan juga terlihat memiliki karakteristik putaran yang berbeda satu sama lain.

Dengan putaran yang dihasilkan maksimum pada jumlah 4 sudu lebih besar bila dibandingkan dengan sudu yang lain. Sedangkan pada jumlah sudu yang lebih sedikit memiliki putaran yang lebih rendah bila dibandingkan dengan jumlah 4 sudu karena jarak antara sudu yang satu dengan yang lain terlalu jauh sehingga energi angin yang diterima oleh sudu tidak diterima secara maksimal karena banyak *losses* energi yang hilang melalui celah antara sudu, sedangkan jumlah sudu yang lebih banyak dari 4 sudu maka banyak gaya yang merugikan akibat pengurangan kecepatan angin setelah melewati sudu sehingga pengurangan kecepatan ini menjadi beban diantara sudu yang lainnya. Akibatnya, performasi secara umum dapat dilakukan menurun seiring dengan pertambahan jumlah sudu pada kincir angin tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perbandingan sudu kincir angin savonius adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh perbandingan jumlah sudu terhadap energi mekanik yang dihasilkan sebagai berikut:
 - a. Kincir angin savonius dengan variasi sudu 3 pada kecepatan angin terendah 3,4 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 45,8 rpm sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 5,8 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 78,7 rpm.
 - b. Kincir angin savonius dengan variasi sudu 4 pada kecepatan angin terendah 3,4 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 61,4 rpm sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 5,8 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 80,1 rpm.

- c. Kincir angin savonius variasi sudu 6 pada kecepatan angin terendah 3,4 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 67,1 rpm sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 5,8 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 74,3 rpm.
2. *Tip Speed Ratio* yang dihasilkan dari penggunaan 3 sudu, 4 sudu dan 6 sudu adalah TSR minimum pada variasi sudu 6 dengan kecepatan angin 5,8 m/s = 60,33 sedangkan TSR maksimum pada variasi sudu 4 dengan kecepatan angin 3,4 m/s = 85,05.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryannto, F., Mara, M., & Nuarsa, M. (2013). Pengaruh Kecepatann Angin dan Variasi Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal.
- Daniel Parennden, Ferdi H. Sumbung. (2013). Rancangan Model Turbin Savonius Sebagai Sumber Energi Listrik. Jurnal Ilmiah Mustak Anim. Universitas Musamus.
- Dedy Nataniel Uilly, Sudjito Soeparman, Nurkholis Hamidi. (2014). Pengaruh Pemasangan Sudu Pengarah dan Variasi Jumlah Sudu Rotor terhadap Performance Savonius. Jurnal Rakayasa Mesin. Universitas Brawijaya Malang.
- Farel.H.Napitupulu , Fritz Mauritz. (2013). Uji Eksperimental Dan Analisis Pengaruh Kecepatan Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Putaran Turbin Angin Vertikal Axis Savonius Dengan Menggunakan Sudu Pengarah. Jurnal Dinamis. Universitas Sumatera Utara.
- Farid, Ahmad. (2014). Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah dan Perubahan Jumlah Sudu. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Pancasakti Tegal.
- Giofani. (2010). Unjuk Kerja Kincir Angin Savonius Satu Tingkat dengan Variasi Jumlah Sudu 4 dan 6.
- Haqiqi, H., Nugroho, G., & Musyafa, A. (2013). Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Svonius dengan Variasi Jumlah *Blade* Terintegrasi Circular *Shield* untuk Memperoleh Daya Maksimum.
- Hicary, Suwandi, Ahmad Qurthobi. (2016). Analisi Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Terhadap Tegangan Dan Arus Didalam Proses Pengisian Akumulator. Jurnal Teknik. Universitas Telkom.
- Muttaqin, Idzani. (2016). Analisa Perbedaan Kecepatan Turbin Angin Savonius 2 Sudu Dengan Membandingkan Perbedaan Tinggi Sudu. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Islam Klimantan. Vol. 02: 93-96.
- Pitriadi, P., Bachdim, R., & Susanto, M. (2018). Perancangan Kincir Angin Sumbu Vertikal Empat Sudu dengan Kelengkungan 90°.
- Trikurniawan, Y. (2017). Karakteristik Turbin Angin Savonius Termodifikasi 4 Sudu dengan 5 Variasi Sudut Pitch Rotor Turbin.