



**PENGARUH CELAH FIN, SUDUT KEMIRINGAN FIN DAN CELAH SUDU
TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS TYPE V**

Abdul Gofur¹, Angga Catur Pamungkas², Aries Budianto³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118 Telp. 031-5931800

Indonesia

Email: gofur523@gmail.com, angga_cp14@yahoo.co.id, budianto.aries28@gmail.com

ABSTRAK

This article is the result of research on wind turbine savonius type V. In this research designed 4 blade type V which has angle 110° . This windmill analyzes the effect of fin gaps, fin angle and blade slits. This windmill is designed by analyzing the lowest wind by utilizing the wind speed of passing vehicles on the road. The results of the study showed that 5 mm fin breaks, a1 blade slits, b1 (5mm, 2.5mm) and fin angle of 30° can improve good performance. These results are evidenced by a maximum rotation speed of 96.7 Rpm and a maximum force of 1.4 N.

keyword : *wind turbine savonius type V*

PENDAHULUAN

Turbin angin merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi angin. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut angin yang paling cocok diterapkan di pulau Jawa khususnya di Surabaya adalah kincir angin jenis poros vertikal savonius type V. Karena kincir angin poros vertikal ini sangat cocok di aplikasikan untuk daerah dengan kecepatan angin rendah seperti memanfaatkan angin laju kendaraan yang lewat.

Turbin angin savonius adalah salah satu jenis turbin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine) yang mudah berputar pada kondisi kecepatan angin rendah, memiliki self starting yang baik dan torsi yang relatif tinggi. Penggunaan turbin angin savonius dengan arah angin yang tidak konstan dan kecepatan angin rendah memiliki kemampuan menghasikan daya

lebih optimal di bandingkan turbin sumbu horizontal.

Pada penelitian ini menganalisis pengaruh celah fin, sudut kemiringan fin dan celah sudu untuk meningkatkan kinerja turbin angin savonius type V dengan kecepatan angin terendah 1,7 m/s. Pada celah fin ini berfungsi agar aliran angin yang tertangkap fin tidak mengalami turbulensi atau perubahan arah ketika mengarah ke sudu turbin. Sudut kemiringan fin juga berfungsi untuk menangkap dan mengarahkan angin untuk di arahkan ke lengan sudu, sehingga arah aliran angin lebih terkonsentrasi dan dapat di serap oleh sudu turbin. Celah sudu ini berfungsi untuk mentransfer aliran angin ke satu sudu ke sudu lainnya, sehingga mempunyai gaya dorong yang lebih besar guna mendapatkan putaran poros yang maksimal.

Energi Angin

Energi angin merupakan kekuatan yang timbul akibat aliran udara yang bergerak dalam jumlah besar. Timbulnya energi angin dikarenakan rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara pada lingkungan sekitar. Perbedaan tekanan udara yang menimbulkan energi angin terjadi akibat udara yang memuai dikarenakan oleh panas matahari yang membuat massa jenis udara menjadi ringan, sehingga udara akan naik dan menyebabkan tekanan udara menurun. Menyebabkan udara disekitarnya yang bertekanan lebih tinggi akan menuju ke udara yang bertekanan rendah. Sebagaimana rumus energi kinetik pada fisika, maka energi kinetik angin ialah:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (1)$$

Dimana : E_k = Energi kinetik (joule)
 m = Massa (kg)
 v = Kecepatan Udara (m/s)

Massa udara yang menggerakkan sudu-sudu turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus massa jenis suatu zat (ρ) sehingga dapat dituliskan seperti rumus yaitu:

$$m = \rho \cdot v \quad (2)$$

diketahui bahwa massa jenis udara $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Keuntungan dan Kerugian Energi Angin

Energi angin sebagai sesuatu sumber energi yang dapat diperbarui. Sudah sepatutnya untuk di manfaatkan sebaik – baiknya. Sistem konversi energi angin dapat dikatakan lebih sederhana di bandingkan dengan sistem-sistem konversi energi lainnya. Berbagai rancangan pembuatan sudu atau fin sebagai penangkap angin terus dalam penelitian dan pengembangan. Demikian juga dengan sistem transmisi dan penyimpangan energi. Tujuan utama untuk dapat meningkatkan efisiensi baik secara teknis maupun ekonomis kiranya dapat terpenuhi apabila di tunjang dalam suatu program terpadu seperti mengadakan survey dan pengumpulan data di lokasi potensial untuk pembuatan kincir angin. Apabila diingat adanya beberapa faktor lain yang

mendorong pengembangan pemanfaatan energi angin seperti :

- a) Energi angin merupakan energi lokal yang tidak memerlukan berbagai bentuk pengadaan dan transportasi, sehingga sangat bermanfaat untuk daerah perkotaan.
- b) Pengaruh teknologi pemanfaatan energi angin pada lingkungan. Sejauh yang yang di ketahui selama ini tidak mengganggu kelestarian lingkungan.

Angin selain dapat di manfaatkan oleh manusia sebagai sumber energi yang berguna, tetapi dapat juga menimbulkan kerugian-kerugian. Demikian halnya dalam pemanfaatan kincir angin sebagai pembangkit energi listrik ini, maka hal-hal yang berkaitan dengan kerugian-kerugian yang di timbulkan oleh angin yang dapat mempengaruhi kontruksi dari kincir angin. Kerugian-kerugian yang dapat di timbulkan oleh angin yaitu :

1. Tiupan debu kotoran
Angin yang mebawa debu dan kotoran akan sngat besar berpengaruh terhadap komponen-komponen yang mendukung kincir angin. Karena dapat menyebabkan korosi pada bagian-bagian tertentu dari peralatan kincir angin.
2. Gesekan angin
Adalah kerugian yang disebabkan karena adanya pembalikan arah udara melalui celah sempit. Hal ini akan menyebabkan kerusakan pada sudu kincir angin sebagai akibat perubahan gaya pada sudu.
3. Turbulensi angin
Adalah kerugian yang disebabkan oleh perubahan arah maupun besaran kecepatan angin secara tiba-tiba. Perubahan kecepatan angin ini di pengaruhi oleh permukaan bumi yang tidak rata. Sehingga kerugian yang di akibatkan terhadap kontruksi dari kincir angin ini adalah akan menimbulkan getaran yang dapat menurunkan daya yang di hasilkan.

Jenis-Jenis Aliran Udara

Pada aliran dalam atau aliran yang dibatasi oleh permukaan-permukaan dinding. Kecepatan angin seragam pada sisi masuk sebelum melewati permukaan dinding. Pada saat melewati dinding terjadi perbedaan kecepatan aliran angin, karena adanya gesekan dengan permukaan dinding, sehingga kecepatan angin yang mendekati permukaan dinding semakin menurun.

Setiap aliran udara yang mengenai suatu benda pasti mengalami gesekan dengan permukaan benda tersebut, karena setiap fluida mempunyai viskositas tertentu. Gesekan ini akan mengakibatkan suatu hambatan yang besarnya juga dipengaruhi faktor lain yaitu kekasaran permukaan benda dan densitas dari udara tersebut. Fenomena ini dipelajari secara khusus dalam ilmu aerodinamika. Jenis aliran udara dibedakan menjadi dua yaitu:

a) Aliran Laminer

Bila aliran angin mengalir melalui benda lain, kemudian terjadi lapisan-lapisan yang rata serta sejajar dengan permukaan benda tadi.

b) Aliran Turbulen

Struktur dari aliran turbulen terdiri dari gerakan partikel-partikel tiga dimensi dan partikel yang bergerak saling mengisi pada bagian aliran. Jika suatu aerofil dengan kedudukan sedikit mendarat atau dengan sudut serang yang kecil berikan angin dengan kecepatan yang konstan, maka akan kita dapatkan aliran angin laminar.

Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi dan keperluan irigasi. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip

konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional. Namun turbin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak dapat diperbaharui.

Gaya Pada Sudu Turbin

Turbin angin sumbu vertikal memanfaatkan gaya drag pada aliran udara dengan kecepatan untuk mendorong permukaan sudu turbin. Jika di analisa dari gaya yang terjadi pada sudu turbin akibat kecepatan aliran angin tersebut, maka dapat diperoleh persamaan rumus fisika [III] sebagai berikut :

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot cd \quad (3)$$

Dimana : ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

A = luas penampang bidang putar sudu (m^2)

v = kecepatan aliran udara (m/s)

cd = koefisien hambat

F = gaya (N)

Dimana luas proyeksi (A) mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$A = \text{luasan penampang proyeksi} \\ = (2 \times \text{lebar sudu}) \times \text{tinggi sudu} \quad (4)$$

Dimana cd merupakan koefisien hambat tanpa dimensi yang bekerja pada permukaan sudu turbin dan komponen gaya aerodinamika sejajar dengan aliran angin.

$$cd = \frac{fd}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A} \quad (5)$$

Dimana fd merupakan nilai yang dihasilkan dari prony break (N)

Daya Turbin Angin

Daya turbin angin (P) adalah daya yang dibangkitkan akibat putaran poros pada turbin. Secara teoritis daya turbin angin dapat diperoleh pada persamaan sebagai berikut:

$$P = F \cdot V \quad (6)$$

Dimana: P = daya yang dihasilkan oleh poros turbin (W)

F = gaya (N)

V = kecepatan aliran udara (m/s)

Secara actual daya turbin dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = T \times \omega$$

$$P = T \times 2\pi \cdot n/60 \quad (7)$$

Dimana: P = daya yang dihasilkan oleh poros turbin (W)

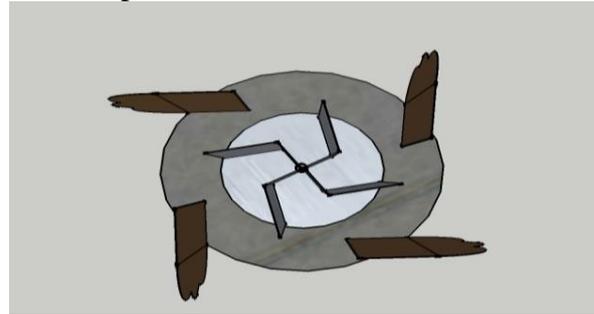
$$\pi = 3,14$$

T = torsi pada rotor turbin (N.m)

n = putaran (rpm)

ω = kecepatan rotasi (rad/s)

angin dapat berjalan efektif perlu di design secara tepat.



Gambar 2.12.1 Penambahan fin pada rotor

Torsi Pada Poros Turbin

Besarnya torsi (T) pada rotor turbin dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan turbin angin dengan kecepatan putaran pada sudu turbin.

$$T = F \cdot L \quad (8)$$

Dimana : T = Torsi
F = Gaya
L = Panjang lengan

Efisiensi

Untuk menyatakan performa mesin dapat dinyatakan dalam efisiensi (η) yang merupakan perbandingan antara nilai perhitungan secara actual dan teoritis. Sehingga rumus efisiensi (η) dapat ditentukan dengan perbandingan daya turbin secara actual dan daya turbin secara teoritis.

$$\eta = \frac{\text{daya turbin actual}}{\text{daya turbin teoritis}} \times 100\% \quad (9)$$

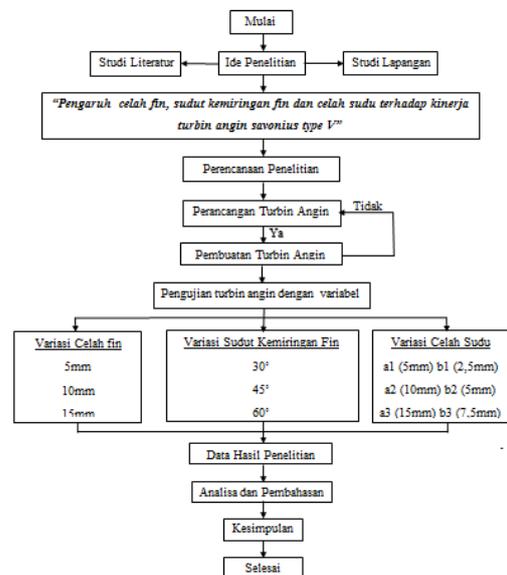
Fin

Energi yang dikonversi semakin besar pada turbin angin jenis savonius tipe 'V', maka dibutuhkan sebuah pengarah angin untuk menambah putaran poros savonius seperti pada gambar 2.12.1. Fin adalah suatu benda yang berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida sehingga dapat menghasilkan putaran poros yang lebih efektif. Agar poros savonius tipe 'V' berputar cepat dibutuhkan penghalang pada sisi cembungnya dan mengarahkan angin pada posisi cekungnya. Selain itu adanya fin juga dapat menambah atau memusatkan energi kinetik yang terjadi. Agar pengarah

Prony Break

Prony break merupakan alat uji torsi, dimana kerjanya melawan torsi yang dihasilkan dengan suatu gaya pengereman. Besarnya gaya pengereman di ukur dengan menambahkan suatu lengan ayun, kemudian gaya pada ujung lengan ayun di ukur dengan timbangan. Besarnya torsi didapat dengan mengalihkan gaya pengereman dengan panjang lengan. Prinsip kerja prony break yaitu dengan memberikan dua lengan ayun pada poros yang diberikan batalan agar lengan ayun tidak mengapit poros. Kemudian biarkan poros berputar dengan kecepatan konstan, setelah itu lakukan pengereman dengan menarik bantalan. Gaya pengereman dapat dilihat dari neraca pegas.

METODE PENELITIAN



ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.2.1 Perhitungan Torsi

Celah fin 5 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	0,42	0,39	0,27
a2, b2 (10 mm,5 mm)	0,12	0,18	0,21
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	0,21	0,18	0,15

Celah fin 10 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	0,39	0,33	0,18
a2, b2 (10 mm,5 mm)	0,15	0,18	0,18
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	0,15	0,15	0,15

Celah fin 15 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	0,39	0,33	0,15
a2, b2 (10 mm,5 mm)	0,18	0,15	0,15
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	0,18	0,18	0,15

Tabel 4.2.2 Perhitungan Daya Aktual

Celah fin 5 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	4,24	1,66	1,63
a2, b2 (10 mm,5 mm)	0,67	1,45	1,49
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	1,63	1,27	1,06

Celah fin 10 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	2,37	1,13	0,66
a2, b2 (10 mm,5 mm)	0,86	1,38	1,57
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	0,83	0,81	0,77

Celah fin 15 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	1,81	1,18	0,49
a2, b2 (10 mm,5 mm)	1,22	1,18	1,09
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	1,20	1,18	1,14

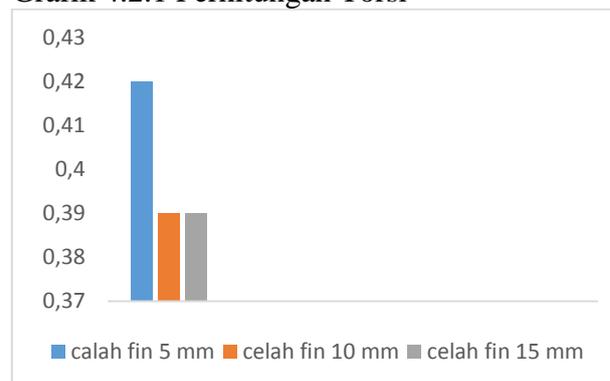
Tabel 4.2.5 Perhitungan Efisiensi

Celah fin 5 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	86	33	33
a2, b2 (10 mm,5 mm)	13	29	30
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	33	25	21

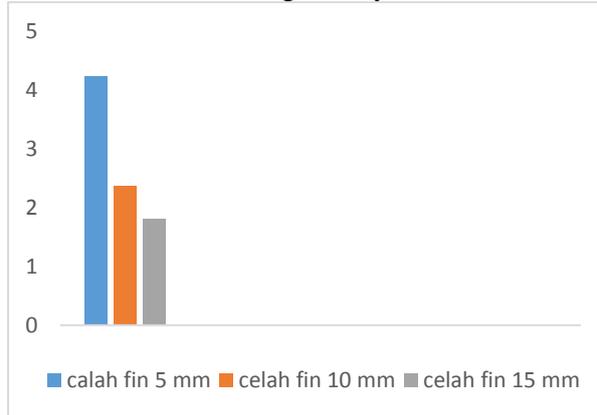
Celah fin 10 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	48	23	13
a2, b2 (10 mm,5 mm)	17	28	32
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	16	16	15

Celah fin 15 mm	Sudut 30°	Sudut 45°	Sudut 60°
a1, b1 (5 mm,2,5 mm)	36	26	10
a2, b2 (10 mm,5 mm)	24	24	22
a3, b3 (15 mm,7,5 mm)	24	24	23

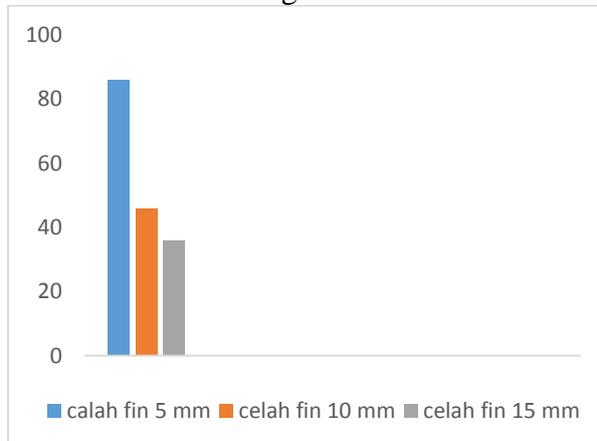
Grafik 4.2.1 Perhitungan Torsi



Grafik 4.2.2 Perhitungan Daya Aktual



Grafik 4.2.5 Perhitungan Efisiensi



Dari hasil analisa di atas akan dibahas bagaimana pengaruh dari setiap variasi pada sudu turbin yang mempunyai kinerja maksimal di dapatkan torsi sebesar 0,42 Nm, daya aktual 4,24 W dan efisiensi 86 % terdapat pada celah fin 5 mm, celah sudu a1, b1 (5mm, 2,5mm) dan sudut kemiringan fin 30° dengan kecepatan angin 1,7 m/s sebagai berikut:

- a) Pengaruh celah fin yang menyempit dapat menimbulkan putaran yang meningkat dikarenakan sedikitnya aliran angin yang terbuang. Jika celah fin yang melebar akan mengalami turbulensi angin, sehingga menimbulkan perubahan arah maupun kecepatan angin secara tiba-tiba. Kerugian karena adanya perubahan arah melalui celah menimbulkan getaran yang dapat menurunkan unjuk kerja turbin.

- b) Pengaruh variasi celah sudu pada setiap sudu turbin, dimana aliran angin pada satu sudu turbin dapat di transfer ke sudu lainnya, sehingga mempunyai gaya dorong yang lebih besar guna meningkatnya laju putaran poros turbin. Pada celah sudu yang semakin kecil lebih optimal dikarenakan aliran angin yang terdapat di area sudu turbin mengalami aliran laminer. Aliran laminer terjadi bila aliran mengalir melalui benda lain, kemudian terjadi lapisan-lapisan yang rata serta sejajar dengan permukaan benda.

- c) Pengaruh sudut kemiringan fin sangat berpengaruh besar terhadap laju putaran poros dikarenakan dapat menangkap aliran angin untuk di arahkan ke lengan sudu, sehingga arah aliran angin lebih terkonsentrasi ke sudu turbin. Menurunnya kerja fin terjadi akibat gesekan dengan permukaan benda, karena setiap fluida mempunyai viskositas tertentu. Gesekan ini mengakibatkan suatu hambatan yang dipengaruhi oleh permukaan benda dan densitas dari udara dan perubahan sudut fin berpengaruh terhadap arah aliran yang ditangkap.

Dalam perencanaan sistem pembangkit listrik adalah menjembatani perbedaan kecepatan putar ideal antara poros generator dengan poros turbin. Untuk itu, perlu dibuat design suatu sistem pereduksi yang berfungsi mentransformasi kecepatan putar ideal poros generator tanpa banyak kehilangan daya. Secara prinsip sistem pereduksi adalah semua sistem mekanik mulai dari gear yang terpasang pada poros turbin, sampai dengan gear yang terpasang pada generator. Jadi bukan hanya gearbox saja yang merupakan bagian dari sistem pereduksi putaran. Kecepatan putaran

dipengaruhi oleh kecepatan angin yang tinggi, sehingga daya listrik yang dihasilkan generator seiring meningkat. Pada penelitian ini tidak dapat menghasilkan daya listrik yang optimal untuk mengisi baterai, dikarenakan kecepatan yang kami tentukan terlalu rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil dari analisa data dan pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian putaran dan gaya pada poros turbin maksimum sebesar 96,7 Rpm dan 1,4 N.
2. Dari hasil analisis torsi maksimum 0,42 Nm, daya maksimum 4,24 W dan efisiensi maksimum sebesar 86 %.
3. Laju putaran dan gaya yang meningkat seiring dengan besarnya torsi, daya dan efisiensi, sehingga dapat meningkatkan kinerja turbin angin savonius type V.
4. Kinerja turbin angin savonius type V terbaik pada variasi celah fin 5 mm, celah sudu a1, b1 (5mm, 2,5mm) dan sudut kemiringan fin 30°.
5. Presentase penurunan setiap variasi di timbukan karena energi kinetik angin tidak dapat di serap baik oleh sudu sudu turbin, sehingga mengakibatkan aliran turbulen atau perubahan arah angin.

Saran

Hendaknya pada peneliti selanjutnya menganalisa aliran fluida dengan sistem menggunakan software agar tidak terjadinya aliran turbulen di dalam wind tunnel ketika masuk ke area sudu dan menganalisa sistem gearbox dari poros turbin ke generator agar dapat menghasilkan daya listrik yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin
Danang. 2017. *Pengaruh Jumlah Sudu dan Penambahan Fin pada Kincir angin Jenis*

Savonius bentuk V. Surabaya: Universitas 17 agustus 1945.

Dewi, Marizka Lustiana. 2010. *Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius Tipe-L Untuk Optimasi Kinerja Turbin*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Handoyo, Tri. 2012. *Pengaruh Overlap Sudu dan Penambahan Fin Pada Rotor Savonius Tipe-L*. Jember: Universitas Jember.

Lake, Elfridus B, Jafri, M dan Nurhayati. 2015. *Pengaruh Kecepatan Angin dan Sudut Blade Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonis Duabelas Blade*. NTT: Universitas Nusa Cendana

Muhajir, Khairul. 2014. *Pengaruh Pengarah Terhadap Unjuk Kerja Kincir Savonius*. Yogyakarta: IST AKPRIND.

Satria, Mohammad. 2017. *Analisa Pengaruh Jarak Celah Sudu dan Penambahan Fin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Savonius Yang Mempunyai Tiga Buah Berbentuk V*. Surabaya: Universitas 17 agustus 1945.

Setiawan, Andreas A, Soenoko R dan Sutikno Djoko. *Pengaruh Jarak Celah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Savonis*. Malang: Universitas Brawijaya.

Setiawan, Wawan. 2017. *Pengaruh Sudut Sudu dan Penambahan Fin pada Kincir Angin Jenis Savonius Bentuk V dengan menggunakan Tiga Sudu*. Surabaya: Universitas 17 agustus 1945.