

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH JARAK *CENTER BLADE* PENGANGGU TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN ANGIN SAVONIUS

Heri Kuswanto

Program studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : herikuswanto@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : indrasiregar@unesa.ac.id

Abstrak

Indonesia dikenal sebagai negara yang sangat kaya akan sumber daya energi fosil serta energi baru terbarukan. Selama ini, energi fosil yang sifatnya *unrenewable* masih sangat dibutuhkan bagi kehidupan masyarakat Indonesia. Sedangkan energi yang sifatnya *renewable* (terbarukan) saat ini belum banyak yang memanfaatkannya. Selain itu, energi baru dan terbarukan (EBT) ini berpotensi untuk dikembangkan saat ini adalah energi angin. Di Indonesia sendiri, kecepatan rata-rata angin bisa berkisar antara 3 m/s – 6m/s. Turbin angin *savonius* sumbu vertikal adalah salah satu jenis turbin yang dapat digunakan sebagai energi *renewable* (terbarukan) yang memanfaatkan energi angin dengan kecepatan rendah, tetapi turbin tersebut masih memiliki kelemahan yaitu efisiensinya yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin jenis lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk menguji turbin angin tipe *swirling savonius* dengan penambahan *blade* pengganggu sehingga akan mempengaruhi hasil dari daya dan efisiensinya dibandingkan dengan tanpa menggunakan *blade* pengganggu. Adapun variasi yang digunakan ialah jarak *blade* pengganggu pada bagian *outlet* dengan *blade* utama sebesar 40 mm, jarak celah *center blade* pengganggu sebesar 10 mm, 20 mm dan dilakukan pada kondisi angin buatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbandingan daya dan efisiensi dari turbin angin dengan penambahan *blade* pengganggu. Dari hasil penelitian yang dilakukan memaparkan bahwa jarak *center blade* pengganggu pada variasi jarak 10 mm menghasilkan kinerja terbaik dengan daya sebesar 11,91 watt pada kecepatan angin 6 m/s dan efisiensinya sebesar 20,01044 % pada kecepatan angin 5,5 m/s.

Kata Kunci : energi angin, turbin sumbu vertikal, turbin angin *savonius* dan *blade* pengganggu

Abstract

Indonesia is known as a country that is very rich in fossil energy resources and renewable energy. So far, renewable fossil energy is currently not widely used. In addition, this renewable energy (EBT) has the potential to be developed at this time, namely wind energy. In Indonesia, the average wind speed can range from 3 m/s-6m/s. vertical axis wind turbine is one type of turbine that can be used as renewable energy that utilizes wind energy at low speeds, but the turbine still has a weakness, lower efficiency compared to other types of wind turbines. This research was conducted to test the swirling savonius type wind turbine with the addition of a disruptive blade so that it will affect the results of its power and efficiency compared to without using a disruptive blade. The variations used are the distance of the interfering blade at the outlet with the main blade of 40 mm, the distance of the interfering blade center gap of 10 mm, 20 mm and carried out under artificial wind conditions. From the results of research, it's explained that the center blade distance of the disturbance at a distance variation of 10 mm produces the best performance with a power of 11.91 watts at a wind speed of 6 m/s and an efficiency of 20.01044 % at a wind speed of 5.5 m.s.

Keywords : wind energy, vertical axis, savonius wind turbine and interfering blade.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya energi dan sangat melimpah, salah satu diantaranya adalah energi angin. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada garis khatulistiwa sehingga Indonesia memiliki potensi angin yang melimpah. Pada dasarnya, angin terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Daerah khatulistiwa, memiliki udara

panas mengembang dan menjadi ringan kemudian berhembus ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya, daerah kutub udaranya dingin dan turun kebawah akan berhembus ke daerah yang lebih hangat. Dengan demikian, terjadilah perputaran udara berupa perpindahan hembusan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi. Sebaliknya, suatu perpindahan hembusan udara dari garis khatulistiwa kembali menuju kutub utara melalui lapisan

udara yang lebih tinggi. Potensi energi angin yang ada di Indonesia cukup memadai karena kecepatan rata-rata angin yang ada berkisar antara 3,5 – 7 m/s.

Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan bahwa beberapa wilayah memiliki kecepatan angin diatas 5 m/s, masing-masing diantaranya adalah Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan dan Pantai Selatan Jawa (Saputra, 2016). Dengan potensi angin yang cukup di Indonesia, maka dapat dimanfaatkan untuk penggunaan turbin angin. Turbin angin *savonius* merupakan salah satu jenis turbin angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dan merupakan salah satu jenis turbin angin tertua dari jenis turbin angin *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* (Akwa et al., 2012)

Canra dkk., (2019) mengenai “Analisa busur sudu turbin angin *savonius* tipe-S menggunakan perangkat lunak”. Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa dari hasil simulasi radius dan lebar penampang membuktikan bahwa ada pengaruh geometri dalam peningkatan daya turbin berturut-turut sebesar 7,78 % dan 19,76 %. Variasi sudu yang menghasilkan daya terbesar terdapat pada variasi sudu R75 dan LP 130 pada kecepatan angin 4,8 m/s.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan turbin angin vertikal jenis *savonius* satu tingkat, dengan penambahan *blade* pengganggu. Kemudian proses pembuatan turbin angin meliputi *set up* alat dan kemudian proses pengambilan data.

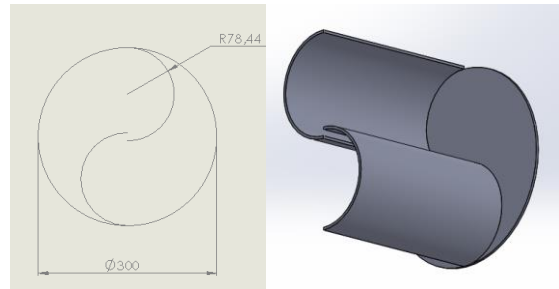
Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu
Penelitian ini dilakukan sejak judul penelitian disetujui oleh dosen pembimbing, kemudian menganalisis dan menghasilkan data.
- Tempat
Penelitian ini di Gedung A8 lantai 4 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya (UNESA).

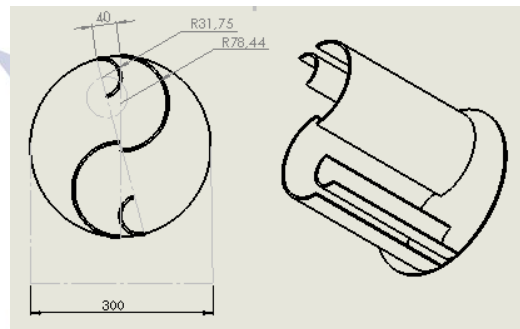
Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu turbin angin jenis *savonius* 2 sudu satu tingkat dengan penambahan *blade* pengganggu. Variasi 1(satu) dengan desain *blade* pengganggu pada bagian *outlet* dengan *blade* utamanya sebesar 40 mm, kemudian variasi 2 dengan jarak *center blade* pengganggunya adalah 10

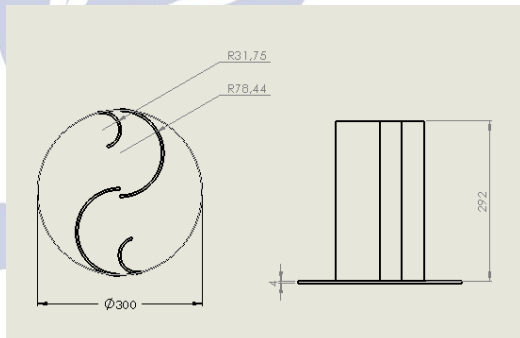
mm dan variasi 3 dengan jarak 20 mm. Lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



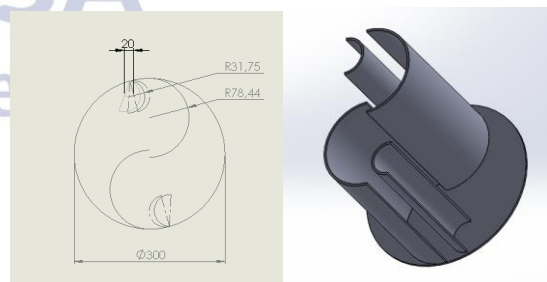
Gambar 1. Rancang Bangun 3D model turbin angin savonius tanpa *blade* pengganggu



Gambar 2. Variasi 1 dengan desain jarak *Nozzle* 40 mm

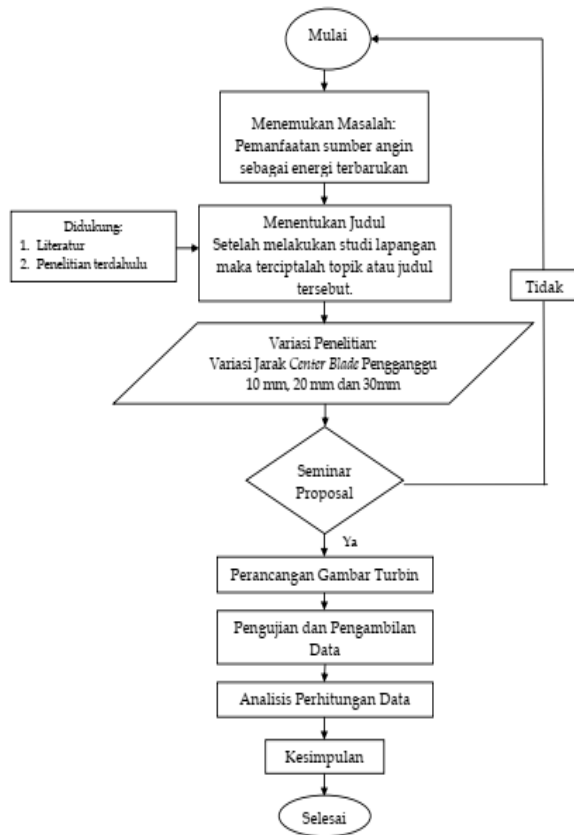


Gambar 3. Variasi 2 dengan jarak *center blade* pengganggu 10 mm



Gambar 4. Variasi 3 dengan jarak *center blade* pengganggu 20 mm

Rancangan Penelitian



Gambar 5. Flowcart Rancangan Penelitian

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini adalah berapakah daya yang dihasilkan dan bagaimana efisiensinya. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan Teknik eksperimen, yaitu mengukur dan menguji obyek yang diteliti kemudian mencatat data-data

Tabel 1. Format Pengumpulan Data

No.	Jarak <i>Center Blade</i> Pengganggu (mm)	Kecepatan Angin (m/s)	Beban Poros (gram)	Beban Pegas (gram)	Putaran Turbin (rpm)
1					
2					
3					
dst.					

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Metode deskriptif merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menggambarkan masalah yang terjadi pada masa sekarang atau yang sedang berlangsung. Bertujuan untuk

mendeskripsikan apa saja yang terjadi sebagaimana mestinya pada saat penelitian dilakukan. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dimasukkan kedalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisis dan ditarik kesimpulan. Data yang diperoleh dari turbin angin vertikal bisa dikatakan efektif jika :

- Seberapa berpengaruh penambahan *blade* pengganggu terhadap karakteristik Aerodinamisnya.
- Besarnya daya yang dapat dihasilkan turbin pada tiap variasi jarak *center blade* pengganggu.
- Efisiensi terbaik yang dapat dihasilkan turbin dengan variasi jarak *center blade* pengganggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

➤ Daya Angin

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Dimana :

P_a = Daya angin (watt)

ρ = Massa jenis udara ($\rho=1,225$ Kg/m)

A = Luas penampang rotor (m³)

V = Kecepatan angin (m/s)

$$V^3 = 6^3$$

$$= 216 \text{ m/s}$$

Maka :

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,225 \times 0,09 \times (6)^3$$

$$= 11,91 \text{ watt}$$

➤ Daya Turbin (watt)

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana:

P_t = Daya turbin (watt)

T = Torsi (Nm)

F = Gaya beban (N) = m x g, massa beban (gr), gravitasi (m/s)

r = Jari-jari turbin (m)

ω = Kecepatan putar (rpm)

$$T = F \times r$$

$$F = \frac{F_1 - F_2}{1000} \times g$$

$$F = \frac{1100 - 345}{1000} \times 9,8$$

$$= \frac{755}{1000} \times 9,8$$

$$= 7,399 \text{ N}$$

$$T = F \times r$$

$$= 7,399 \times 0,015$$

$$= 0,110985 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi N}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 204}{60} \\ &= 21,352 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Jadi:

$$\begin{aligned}P_t &= T \cdot \omega \\ &= 0,10437 \times 17,584 \\ &= 2,36975172 \text{ watt}\end{aligned}$$

➤ Efisiensi (%)

$$CP = \frac{P_t}{P_a} \times 100 \%$$

Dimana :

CP = Coefficient Power /efisiensi(%)

P_t = Daya turbin (watt)

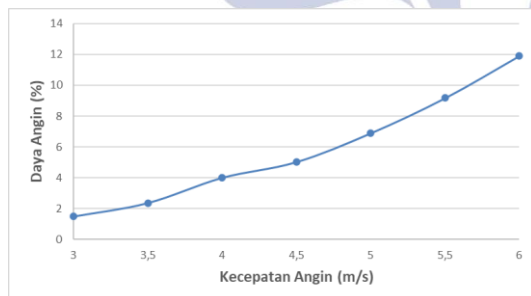
P_a = Daya angin tersedia (watt)

Maka :

$$\begin{aligned}CP &= \frac{1,8352421}{9,17} \times 100 \\ &= 20,01044\%\end{aligned}$$

➤ Daya Angin (watt)

Hasil perhitungan daya angin atau P_a (watt) vs kecepatan angin V (m/s) akan disajikan dalam bentuk grafik pada tiap kecepatan tingkatan angin. Lebih jelasnya sebagai berikut :



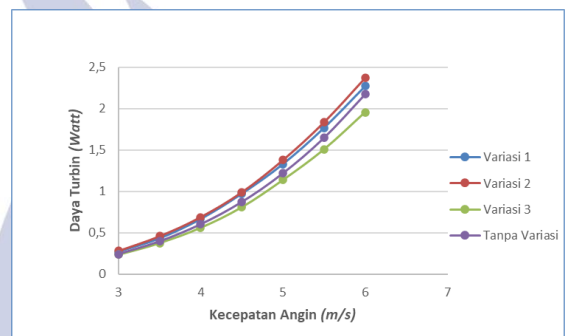
Gambar 6. Grafik daya angin(watt) vs kecepatan angin (m/s)

➤ Daya Turbin (watt)

Hasil perhitungan antara Daya Turbin atau P_t (watt) vs Kecepatan Angin atau V (m/s) yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar grafik dibawah ini.

Tabel 2. Daya Turbin (watt)

Kecepatan Angin	Variasi jarak center blade pengganggu			
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Tanpa Variasi
3	0,2699474	0,28141	0,23541	0,2423295
3,5	0,4327313	0,4592	0,37511	0,39634336
4	0,6663677	0,68983	0,56082	0,6023619
4,5	0,9722413	0,99009	0,80792	0,87146304
5	1,3300428	1,37874	1,13733	1,2185712
5,5	1,7683899	1,83524	1,5066	1,64691744
6	2,2722045	2,36975	1,95502	2,17334943



Gambar 7. Daya turbin P_t (watt) vs kecepatan angin (m/s)

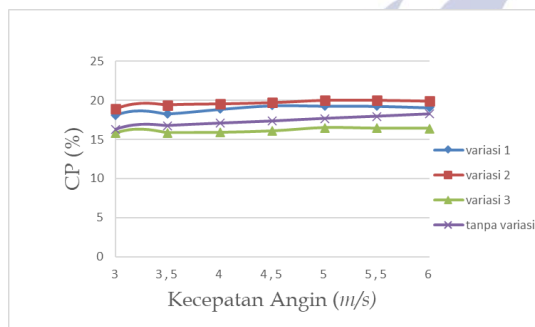
Dari data diatas, dijelaskan bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin angin. Semakin besar daya angin (P_a) maka akan semakin besar juga daya turbin angin (P_t) yang dihasilkan. Namun, dari data diatas juga bisa kita lihat bahwa turbin angin dengan penambahan *blade* pengganggu menghasilkan daya turbin yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan *blade* pengganggu. Hal tersebut bisa kita lihat pada tabel 2 dengan variasi jarak *center blade* pengganggu sebesar 10 mm, yang menghasilkan daya turbin tertinggi yaitu sebesar 2,36975 watt pada kecepatan angin 6 m/s dibandingkan dengan variasi yang lain dan jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan *blade* pengganggu yang hanya menghasilkan daya turbin sebesar 2,17334943 m/s. Peningkatan daya turbin ini terjadi karena adanya celah (*Nozzle*) pada bagian *outlet blade* pengganggu dengan *blade* utama yang menyebabkan turbin akan mengalami percepatan putaran.

➤ Efisiensi Turbin Angin (%)

Hasil perhitungan efisiensi turbin atau CP (%) vs kecepatan angin atau V(m/s) yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar grafik dibawah ini.

Tabel 3. Efisiensi CP (%)

Kecepatan Angin	Variasi jarak <i>center blade</i> pengganggu			
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Tanpa Variasi
3	18,1370535	18,90719	15,8163	16,28148
3,5	18,3090379	19,42874	15,87109	16,76945
4	18,88797222	19,55304	15,89625	17,07375
4,5	19,35476665	19,71007	16,08354	17,34854
5	19,302208	20,00892	16,5055	17,68448
5,5	19,281524	20,01044	16,42708	17,95706
6	19,08293004	19,90217	16,4191	18,2527



Gambar 8. Efisiensi atau CP (%) vs Kecepatan Angin atau V (m/s)

Coefficient Of Power atau Efisiensi merupakan perbandingan antara daya turbin angin atau P_t (watt) dengan daya angin atau P_a (m/s) tersedia yang diekstrak oleh turbin. Dilihat dari tabel dan gambar diatas, dijelaskan bahwa efisiensi tertinggi dari hasil penelitian didapatkan turbin angin dengan penambahan *blade* pengganggu yang dimana variasi jarak *center blade* pengganggunya sebesar 10 mm (variasi 2) pada kecepatan angin 5,5 m/s yaitu sebesar 20,01044 % dibandingkan dengan kecepatan angin lainnya. Pada dasarnya, semakin tinggi kecepatan angin yang tersedia maka nilai efisiensi yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Namun setelah dilakukan pengujian dan berdasarkan data yang ada terlihat pada variasi 2 dengan kecepatan angin 6 m/s efisiensinya malah menurun. Akan tetapi ketahanan turbin angin terhadap beban pengereman meningkat.

PENUTUP

Simpulan

- Daya Turbin atau P_t (watt) tertinggi turbin angin *savonius* satu tingkat dengan penambahan *blade* pengganggu terdapat pada variasi 2 (dua) dengan jarak *Center Blade* pengganggu 10 mm yaitu sebesar 2,36975172 watt pada kecepatan angin 6 m/s dengan beban sebesar 1100 gram. Hal ini dikarenakan adanya

penambahan *blade* pengganggu pada turbin angin sehingga terbentuklah celah (*Nozzle*) antara ujung *blade* pengganggu pada bagian *outlet* dengan *blade* utama yang menyebabkan terjadinya percepatan putaran pada turbin.

- Efisiensi atau *Coefficient Of Power* (%) terbaik terdapat pada variasi 2 (dua) dengan penambahan *blade* pengganggu dan jarak variasinya sebesar 10 mm dengan nilai CP sebesar 20,01044 % pada kecepatan angin 5,5 m/s dengan beban pengereman sebesar 1000 gram. Tetapi nilai efisiensi atau CP yang diperoleh dalam penelitian ini belum menunjukkan nilai yang optimal, yang berarti ada kemungkinan nilai efisiensi atau CP ini bisa meningkat lagi apabila ada penambahan atau pengurangan antara jarak celah *outlet blade* pengganggu dengan *blade* utama, serta variasi lain dari jarak *center blade* pengganggu.

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan :
 - Menggunakan variasi jarak celah antara *blade* pengganggu dengan *blade* utama dengan ukuran hampir mendekati yang terbaik.
 - Menggunakan jenis turbin angin yang berbeda agar dapat diketahui model terbaik yang sesuai jika ditambahkan dengan *blade* pengganggu dan variasi jarak *center blade* pengganggu yang lain,
 - Mengembangkan turbin angin dengan penambahan *blade* pengganggu dan variasi jarak *center blade* pengganggunya untuk diuji pada turbin angin dengan skala yang lebih besar ditempat terbuka dan dengan penggerak angin alami.
- Pada Rangkaian Pengujian :
 - Pada kipas, perlu penambahan pemberat atau pengait pada rantai supaya pada saat pengujian pada kondisi putaran angin tinggi, kipas tidak bergeser.
 - Pada rangka penempatan/dudukan turbin, perlu dilakukan pengelasan di beberapa titik dan bukan menggunakan baut. Hal ini berpengaruh pada posisi turbin yang tidak tegak lurus dengan arah datangnya angin.
 - Pada rangkaian penempatan tali pengereman juga seharusnya dilakukan pengelasan di beberapa titik agar pada saat melakukan pengujian tidak perlu menyetel ulang posisi tali pengereman dan terjadi pergeseran tali yang menyulitkan proses pengambilan data.
 - Menambahkan tempat dudukan untuk alat ukur agar posisinya dapat selalu *standby* pada posisi

yang sama setiap kali dilakukan pengujian, sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajao, K. R., & Mahamood, M. R. 2009. Wind energy conversion system: the past, the present and the prospect. *Journal of American Science*, 5(6), 17–22.
- Akwa, J. V., Vielmo, H. A., & Petry, A. P. 2012. A review on the performance of Savonius wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3054–3064.
- Al-Faruk, A., & Sharifian, A. 2014. Influence of blade overlap and blade angle on the aerodynamic coefficients in vertical axis swirling type Savonius wind turbine. *19th Australasian Fluid Mechanics Conference. Melbourne, Australia*.
- Arsad, A. M., & Hartono, F. 2010. Pembuatan Kode Desain dan Analisis Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 7(2).
- Blackwell, B. F., Feltz, L.V., & Sheldahl, R. E. 1997. *Wind tunnel performance data for two-and three-bucket Savonius rotors* (pp. 1-105). Albuquerque, New Mexico: Sandia Laboratories.
- British Wind Energy Association. 2005. Low frequency noise and wind turbines.
- Daryanto, Y. 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. *Yogyakarta: Balai Pptagg-Upt-Lagg*.
- Dewan Energi Nasional. 2010. *Indonesian Energy Outlook* (IEO). Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Dewan Energi Nasional. 2014. *Indonesian Energy Outlook* (IEO). Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Dewan Energi Nasional. 2016. *Indonesian Energy Outlook* (IEO). Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Fitranda, R.I. 2014. Karakteristik turbin angin savonius 2 dan 3 blade dengan menggunakan bantuan guide vane. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(02).
- Hasan, Mohamed A. M. 2011. “*Design optimazation of savonius and wells turbines*”.
- Hau, E. 2013. *Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics*. Springer Science & Business Media.
- Kamoji, M. A., Kedare, S. B., & Prabhu, S. V. 2009. Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor. *Applied Energy*, 86(7–8), 1064–1073.
- Mahmoud, N. H., El-Haroun, A. A., Wahba, E., & Nasef, M. H. 2012. An experimental study on improvement of Savonius rotor performance. *Alexandria Engineering Journal*, 51(1), 19–25.
- Mathew, S. 2006. *Wind energy: fundamentals, resource analysis and economics* (Vol. 1). Springer.
- Mohamed, M. H. A. 2011. *Design optimization of Savonius and Wells turbines*.
- Muchlis, M., & Permana, A. D. 2003. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sd 2020. *Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang, Jakarta. Retrieved From*.
- Pribadi, M. A., & Siregar, I. H. 2019. Pengaruh Rasio Luas Blade Utama Dengan Blade Pengganggu Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).
- Rahmanto, A., & Siregar, I. H. 2019. Studi Eksperimen Pengaruh Jarak Celah Blade Pengganggu Dengan Blade Utama Terhadap Kinerja Savonius. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).
- Renewable Energy Policy Network for The 21st Century (REN21). 2015. *Renewables Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- Saputra, M. 2016. Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Kecepatan Angin Rendah. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 2(2).
- Siregar, I. H. 2013. Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Bilah Profile Modified NACA 0018 Dengan dan Tanpa Wind Deflector. *Jurnal Teknik Mesin OTOPRO*, 8, 126–138.
- Sugiharto, B., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Wahyudi, S. 2015. Simulasi Kincir Angin Savonius dengan Variasi Pengarah. *ReTII*.
- Tim. 2014. “*Pedoman Penulisan Skripsi*”. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Wicaksono, Y. A. 2020. Studi Komputasi: Pengaruh Desain Guide Vane Terhadap Performa dan Pola Aliran di Sekitar Turbin Angin Savonius. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 1(2), 43–52.