



Pengaruh Penambahan Alur pada Permukaan Sudu *Vertical Axis Wind Turbine* Darrieus H terhadap Kinerja *Wind Turbine*

Rickie Natanael Sitanggang¹, Gatot Soebiyakto¹, Nova Risdiyanto Ismail¹, Purbo Suwandono¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

Kata kunci

VAWT
Darrieus H
Penambahan Alur
Kecepatan angin
Efisiensi

ABSTRAK

Pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi listrik di Indonesia saat ini umumnya masih tergolong rendah, karena kecepatan angin di wilayah Indonesia rata-rata berkisar dari 3 m/s - 5 m/s. Turbin angin yang sesuai dengan kecepatan angin yang rendah adalah Vertikal Axis Wind Turbine (VAWT). Pengembangan VAWT telah dilakukan penelitian, namun belum dilakukan penambahan alur pada permukaan sudu. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penambahan alur pada permukaan sudu pada VAWT darrieus H untuk meningkatkan kinerja wind turbin. Penelitian metode eksperimen dengan variasi penambahan alur pada permukaan sudu (alur vertikal, horizontal dan miring) dengan variasi kecepatan angin (6,9 m/s, 5,7 m/s dan 4,8 m/s). penelitian menghasilkan bahwa kecepatan angin sebagai sumber energy dan penambahan alur pada permukaan sudu sangat mempengaruhi nilai torsi, daya mekanis, daya output dan efisiensi. Nilai efisiensi tertinggi menggunakan penambahan alur miring pada permukaan sudu sebesar 22,75% pada kecepatan angin 6,9 m/s dibandingkan dengan penambahan alur vertikal dan horizontal.

* Corresponding author:

Rickie Natanael Sitanggang (email: sitanggangrickie@gmail.com)

Diterima: 18 Maret 2024

Disetujui: 25 September 2024

Dipublikasikan: 30 September 2024

1 Pendahuluan

Pemanfaatan energi angin sebagai sumber tenaga penghasil energi listrik di Indonesia saat ini umumnya masih tergolong rendah [1]. Salah satu alasannya adalah karena kecepatan angin di wilayah Indonesia rata-rata memiliki kecepatan angin yang rendah [2], berkisar dari 3 m/s hingga 5 m/s [3] sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala yang besar. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk mengembangkan sistem pembangkit listrik dalam skala kecil.[4].

Fokus pada sumber daya energi terbarukan telah meningkat secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir seiring dengan meningkatnya polusi lingkungan, meningkatnya permintaan energi, dan menipisnya sumber daya bahan bakar fosil [5]. Masalah energi yang berkelanjutan dan tidak berbahaya bagi ekosistem adalah titik fokus eksplorasi dalam beberapa hal [6]. *Wind turbine* merupakan salah satu alternatif bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan dalam menghantarkan energi listrik. Banyak turbin angin dengan skala besar yang telah dibuat atau dikembangkan di berbagai negara, karena terbukti sangat efektif untuk menghasilkan energi listrik [7]. Turbin angin skala kecil juga dikembangkan untuk memenuhi energi listrik pada daerah terpencil [8].

Wind turbine sendiri merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik pada sudu (*blade*) [9]. Dengan memanfaatkan putaran turbin untuk memutar poros pada generator yang dapat menghasilkan listrik [10]. Berdasarkan sumbu putarnya, *wind turbine* terbagi menjadi 2 model, *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) yang memiliki bentuk seperti baling-baling yang sedang berputar dan *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) yang memiliki bentuk seperti turbin angin jenis *saviounus*. Pada *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) ini dapat menghasilkan koefisien daya yang lebih besar daripada VAWT, dikarenakan *wind*

turbine jenis ini diposisikan di tempat yang lebih tinggi, sehingga aliran angin yang melaluinya lebih kuat. Namun pada aliran angin dengan kecepatan rendah, VAWT lebih efektif digunakan karena wind turbine ini memiliki sifat *omni-directional* tanpa memerlukan *yaw mekanisme*, sehingga bisa menerima aliran angin dari segala arah [11].

Dari kelebihan turbin VAWT pada kecepatan angin rendah dan sesuai dengan kondisi wilayah Indonesia, sehingga turbin VAWT masih perlu di kembangkan untuk meningkatkan efisiensi. Dengan demikian penelitian ini di fokuskan untuk mengidentifikasi pengaruh penambahan alur pada permukaan sudu pada VAWT darrieus H untuk meningkatkan kinerja wind turbin.

2 Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama 3 bulan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Universitas Widyagama Malang.

2.2 Variabel penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model alur pada blade (alur vertikal, horizontal dan miring) dengan perlakuan kecepatan angin (6,9 m/s, 5,7 m/s dan 4,8 m/s). variable terikatnya adalah torsi, daya mekanis, daya output/listrik dan efisiensi. Sedangkan variabel terkontrolnya adalah daya listrik untuk menggerakkan motor listrik sebesar 2200 W.

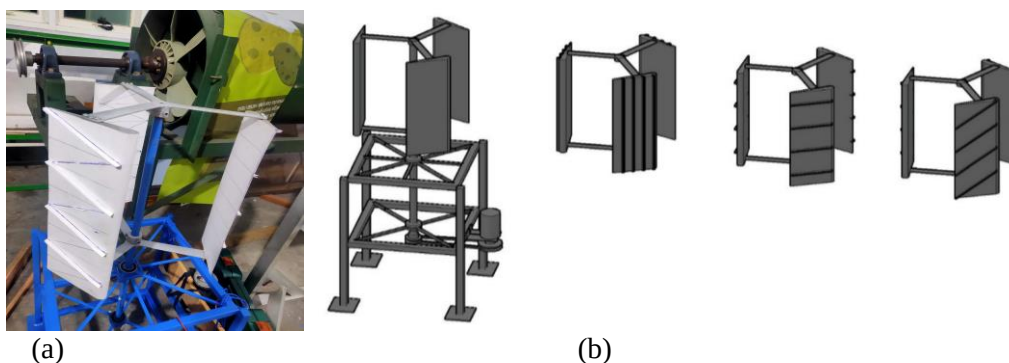
2.3 Bahan dan Alat

Adapun bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan *wind turbine* jenis *darrieus* tipe H adalah [12]:

Tabel 1. Bahan Pembuatan *Wind Turbine*

No	Bahan	Spesifikasi
1	PVC Foam Board	Ketebalan 1 mm
2	Alumunium	Ketebalan 2 mm
3	Poros	Pipa Holo 1 m
4	Besi Kotak	1,5 x 1,5
5	Bearing	2 Buah
6	Pulley	2 Inch dan 4 Inch
7	V Belt	1 Buah

Peralatan yang di gunakan untuk menghasilkan kecepatan angin menggunakan kipas/blade yang di gerakkan oleh motor listrik. Motor listrik di hubungkan menggunakan V-belt pada kedua puli. Puli pada poros yang menyatu pada V-belt di variasikan untuk menghasilkan putaran kipas, sehingga kecepatan angin yang di hasilkan berbeda-beda.



Gambar 1 (a) *Wind Turbine* Darrieus Tipe H dan penghasil kecepatan angin, (b) Desain blade dengan alur

2.4 Persamaan

Secara matematis untuk menghitung energi angin dapat menggunakan persamaan [13]:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Dimana :

P = Daya energi angin (Watt)

ρ = Kerapatan udara (1,225 kg/m³)

A = Luas penampang (m²)

v = Kecepatan angin (m/s)

Kemudian untuk menghitung energi kinetik digunakan persamaan [14]:

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

Dimana :

E_k = Daya energi kinetik (joule)

m = Massa benda (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

Dan untuk menghitung torsi, kita dapat menggunakan rumus [15]:

$$T = r \cdot F \quad (3)$$

Dimana :

T = Torsi (N.m)

r = Jarak jari – jari lengan ke poros (m)

F = Gaya pada poros akibat puntiran (N)

Daya yang dihasilkan kincir (Pout) adalah daya dihasilkan kincir akibat adanya angin yang melintasi sudu/bilah kincir. Sehingga :

$$P_{out} = T \cdot \omega \quad (4)$$

Dimana:

P_{out} = Daya kincir (watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

Efisiensi kinerja turbin angin adalah perbandingan antara daya yang di serap turbin angin terhadap daya angin yang tersedia , sehingga :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (5)$$

Dimana:

η = Efisiensi Generator (%)

P_{out} = Daya Output (watt)

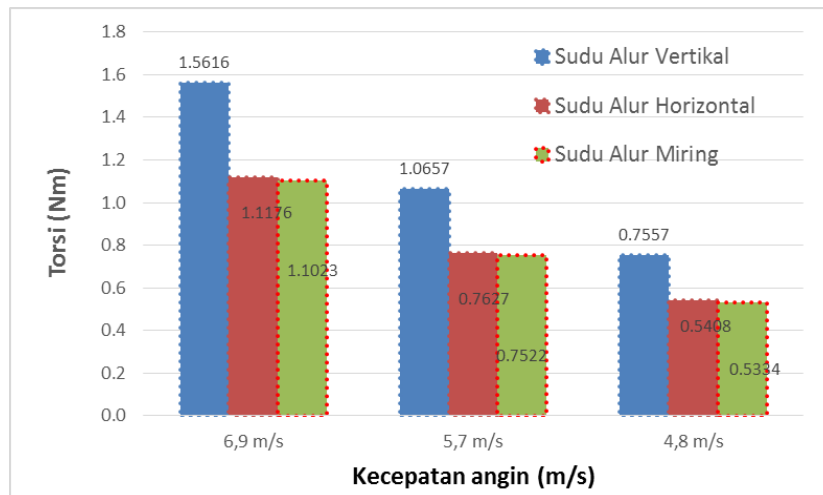
P_{in} = Daya Input (watt)

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil eksperimen dan perhitungan yang telah dilakukan dengan penambahan alur pada permukaan sudu *vertical axis wind turbine* di sajikan dalam bentuk grafik.

3.1 Torsi dengan variasi alur dan kecepatan angin

Dari data hasil eksperimen dan hasil perhitungan di peroleh nilai torsi dengan berbagai variasi alur pada permukaan sudu dan perlakuan kecepatan angin yang dapat di lihat pada Gambar 2, sebagai berikut:

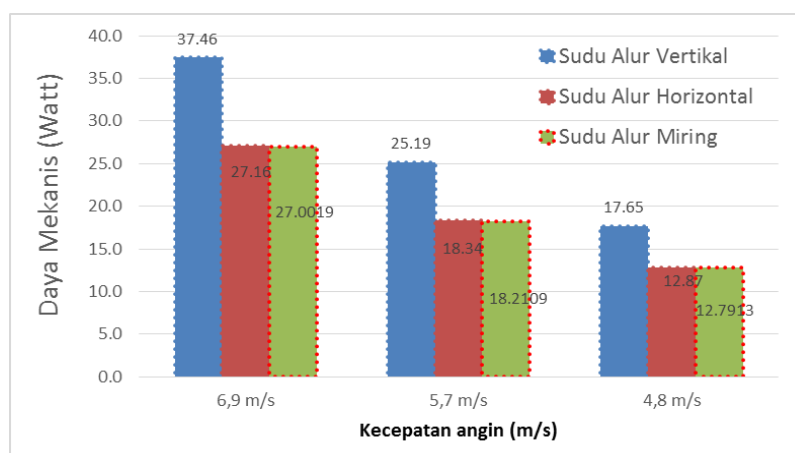


Gambar 2. Torsi pada variasi alur dengan perlakuan kecepatan angin

Pada Gambar 2 dapat dilihat hasil perhitungan torsi pada variasi alur horizontal, vertikal, dan miring pada permukaan blade dengan berbagai perlakuan kecepatan angin. Nilai torsi pada variasi alur vertikal menghasilkan nilai tertinggi dibandingkan dengan kedua variasi alur lainnya. Torsi tertinggi pada permukaan sudu dengan penambahan alur vertikal dengan kecepatan angin 6,9 m/s yang mempunyai nilai torsi sebesar 1,56 Nm, sedangkan nilai torsi terendah pada permukaan sudu dengan penambahan alur miring dengan kecepatan angin 4,8 m/s sebesar 0,53 Nm. Hal ini disebabkan oleh permukaan sudu yang terpapar angin pada penambahan alur vertikal lebih luas dibandingkan dengan variasi alur lainnya. Luasan permukaan sudu dapat mempengaruhi nilai gaya angin yang dapat di terima oleh blade. Selain luasan permukaan blade, kecepatan angin juga berpengaruh terhadap torsi. Kecepatan angin semakin kecil, maka nilai torsi semakin menurun [2][16].

3.2 Daya mekanis dengan variasi alur dan kecepatan angin

Dari data hasil eksperimen dan hasil perhitungan di peroleh nilai daya mekanis dengan berbagai variasi alur pada permukaan sudu dan perlakuan kecepatan angin. Dari gambar 3 terlihat bahwa menggunakan alur vertikal dan dengan kecepatan angin tertinggi menghasilkan daya mekanis yang tinggi pula. Kondisi demikian di sebabkan oleh nilai torsi yang tinggi dan kecepatan sudut. Kecepatan sudut sangat di pengaruhi oleh putaran poros turbin, sehingga putaran poros turut mempengaruhi daya mekanis. Seperti terlihat pada tabel 2, dimana kecepatan sudut tertinggi di miliki oleh penambahan alur miring pada berbagai variasi kecepatan angin dibandingkan dengan alur lainnya. Kecepatan sudut yang tinggi pada alur miring belum mampu meningkatkan daya mekanis.



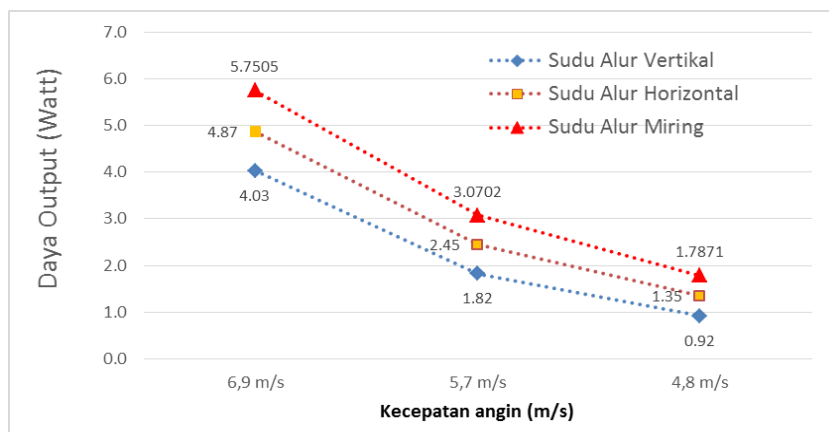
Gambar 3. Daya mekanis pada variasi alur dengan perlakuan kecepatan angin

Tabel 2. Kecepatan sudut

Kecepatan Angin	Kecepatan sudut (rad/s)		
	Alur Vertikal	Alur Horizontal	Alur Miring
6,9 m/s	23.99	24.30	24.50
5,7 m/s	23.63	24.05	24.21
4,8 m/s	23.36	23.79	23.98

3.3 Daya output dengan variasi alur dan kecepatan angin

Dari data hasil eksperimen dan hasil perhitungan di peroleh nilai daya output atau listrik dengan berbagai variasi alur pada permukaan sudu dan perlakuan kecepatan angin. Dari hasil perhitungan dapat di buat gambar 4.

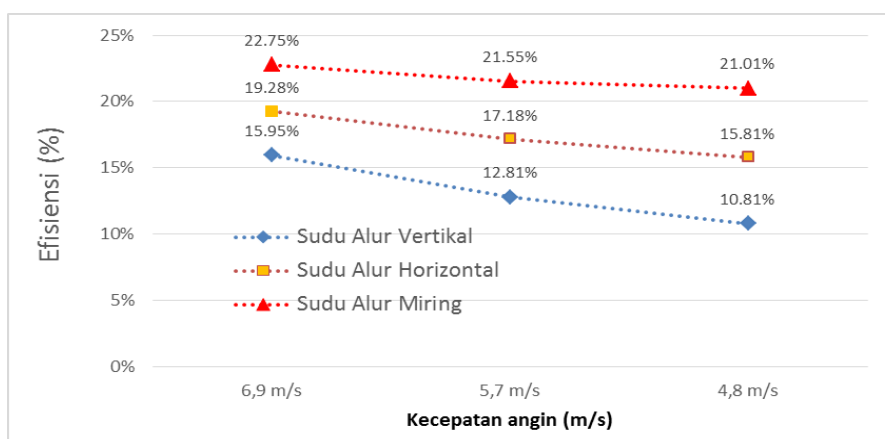


Gambar 4. Daya output pada variasi alur dengan perlakuan kecepatan angin

Pada gambar 4 dapat dilihat daya output pada variasi alur pada permukaan blade dengan variasi kecepatan angin. Daya output turbin angin tertinggi yaitu pada permukaan sudu dengan penambahan alur miring dengan kecepatan angin 6,9 m/s yang mempunyai nilai daya output sebesar 5,75 Watt sedangkan daya output terendah yaitu pada permukaan sudu dengan penambahan alur vertikal dengan kecepatan angin 4,8 m/s yang mempunyai nilai daya output sebesar 0,92 Watt. Rendahnya daya output dengan alur vertikal lebih disebabkan oleh gaya hambat pada blade akibat adanya alur dan adanya aliran angin yang terhambat, hal ini dapat diidentifikasi oleh adanya putaran poros turbin yang rendah. Putaran yang kecil berakibat pada putaran generator yang kecil, sehingga berakibat pada daya output yang rendah [17].

3.4 Efisiensi wind turbin dengan variasi alur dan kecepatan angin

Efisiensi merupakan perbandingan energi yang di hasilkan dengan energi masukan [18]. Hasil dari perbandingan tersebut dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Daya output pada variasi alur dengan perlakuan kecepatan angin

Pada gambar 5 dapat dilihat nilai efisiensi wind turbin pada variasi alur pada permukaan sudu dengan perlakuan kecepatan angin. Nilai efisiensi yang di peroleh dengan penambahan alur miring pada permukaan sudu lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan alur vertikal dan horisontal pada seluruh perlakuan kecepatan. Hal ini di sebabkan oleh aliran angin yang yang mampu di hambat dan di alirkan dengan efektif, sehingga dapat meningkatkan energi yang dapat memutar poros turbin dan generator. Peningkatan putaran generator dapat meningkatkan energi output. Energi input mempunyai nilai yang relatif sama pada semua penambahan alur pada kecepatan yang sama, sehingga peningkatan energi output pada penambahan alur miring yang lebih besar menyebabkan nilai efisiensi menjadi lebih besar di bandingkan dengan penambahan alur vertikal dan horisontal.

Efisiensi turbin angin tertinggi yaitu pada permukaan sudu dengan penambahan alur miring dengan kecepatan angin 6,9 m/s yang mempunyai nilai efisiensi sebesar 22,75% sedangkan efisiensi turbin angin terendah yaitu pada permukaan sudu dengan penambahan alur vertikal dengan kecepatan angin 4,8 m/s yang mempunyai nilai efisiensi sebesar 10,81%.

4 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat di simpulkan bahwa kecepatan angin sebagai sumber energy dan penambahan alur pada permukaa sudu sangat mempengaruhi nilai torsi, daya mekanis, daya output dan efisiensi. Nilai efisiensi tertinggi menggunakan penambahan alur miring pada permukaan sudu sebesar 22,75% pada kecepatan angin 6,9 m/s dibandingkan dengan penambahan alur vertikal dan horizontal.

5 Referensi

- [1] A. Effendi, "Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 8, no. 2. pp. 134–138, 2019.
- [2] S. B. *, Agustinus Laka, Dedy Nataniel Ulyy, Purnawarman Ginting, Nasaruddin, Dessy M. Para and Wuwur., "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Tiga Sudu untuk Dimanfaatkan sebagai Penerangan bagi Masyarakat di Daerah Terpencil," vol. 15, no. 1, pp. 35–43, 2024.
- [3] I. H. S. Iswahyudi, "Peningkatan Kinerja Turbin Angin Dua Tingkat Darrieus Type H Iswahyudi Indra Herlamba Siregar Abstrak," *Univ. Negeri Surabaya*, vol. 6, no. 3, pp. 65–71, 2018.
- [4] J. N. Simanjuntak, S. Tangkuman, and I. Rondonuwu, "Simulasi Pengaruh Jumlah Dan Panjang Sudu Terhadap Daya Turbin Angin Tipe Poros Horisontal," *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 10, 2020.
- [5] P. Harahap and H. A. Laksono, "Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 Dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan Dan Arus Generator Dc," vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [6] M. F. A. Wicaksono, G. A. Pohan, and I. T. Hidayath, "Analisa Aerodinamika Airfoil Pesawat Dengan Pendekatan Computational Fluid Dynamic Dan Wind Tunnel," *J. Flywheel*, vol. 13, no. 1, pp. 21–35, 2022.
- [7] J. V. Tuapetel, A. I. Triprayoga, and P. M. Santika, "Analisis Dan Pengujian Kinerja Turbin Angin Savonius 4 Sudu," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 3, no. 2, p. 46, 2019.
- [8] Y. Maulana and A. Sidiq, "Perancangan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Jenis Straight Blade," *JIEOM*, vol. 1, no. 2, pp. 35–38, 2018.
- [9] Y. Kurniawan, I. B. Dharmawan, W. Anhar, and P. N. Balikpapan, "P-31 Studi Eksperimental Pengaruh Kombinasi Sudu Experimental Study the Effect of Combination of Blade," pp. 2–7, 2021.
- [10] A. Yani, "Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Angin Tipe Propeller.pdf," 2021.
- [11] D. N. Ramadhani, "Desain Dan Simulasi Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Sudu Rotor Naca 0021," *Senasains*, vol. 1, no. 1, p. 6, 2021.
- [12] J. Mechanical *et al.*, "Pembuatan Program Perancangan Turbin Savonius Tipe-U Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin," vol. 2, pp. 7–15, 2011.
- [13] M. F. W. Permadi, "Uji Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Cross Flow Dengan Variasi Jumlah Blade Moch Fachruddin Wahyu Permadi Abstrak," pp. 25–31, 2018.
- [14] M. M. Aslam Bhutta, N. Hayat, A. U. Farooq, Z. Ali, S. R. Jamil, and Z. Hussain, "Vertical axis wind turbine - A review of various configurations and design techniques," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 4, pp. 1926–1939, 2012.
- [15] S. Aji and M. Widyartono, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Generator Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal," *J. Tek. Elektro*, pp. 579–586, 2020.
- [16] F. M. Bere, V. A. Koehuan, J. T. Mesin, and U. N. Cendana, "Performance Analysis of Horizontal Shaft Wind Turbine Double Rotor Contra Rotating Model with Rotor Positions Overlapping," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 02, no. 01, pp. 15–22, 2015.

- [17] A. Sukandi, F. Sahrin, Fadli, and A. Ulfiana, "Optimalisasi Putaran Generator pada Turbin Angin Horizontal menggunakan Transmisi Bertingkat," *Semin. Nas. Tek. Mesin*, pp. 47–55, 2018.
- [18] A. Laka, F. Mangngi, and Rokhyadi, "Rancang bangun turbin angin savonius untuk penerangan di daerah pedesaan," *J. "FLYWHEEL,"* vol. 8, no. No. 1, p. 8, 2017.