
Pengaruh Sudut Pengarah Angin pada Turbin Angin Sumbu Vertikal terhadap Unjuk Kerja Turbin

Arjun Halek¹, Witono Hardi², Rudi Hartono³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Jl. Pertamina, Gambesi, Ternate Selatan, Kota Ternate, Indonesia

halekarjun@gmail.com

Abstraks

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan salah satu renewable energy yang sangat populer saat ini. Hal ini karena PLTB merupakan sumber energi ramah lingkungan yang tidak menggantungkan dengan energi fosil. Secara umum turbin angin terbagi dua yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Salah satu contoh turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin savonius yang merupakan turbin angin type drag. Putaran turbin dipengaruhi oleh perbedaan koefisien drag kedua permukaan turbin saat mendapatkan angin dari satu arah. Penelitian ini membahas turbin angin sumbu vertikal dalam upaya untuk menaikkan efisiensi dan kinerjanya. Turbin angin sumbu vertikal pada penelitian ini dibuat dari triplek dan bilahnya dari pipa PVC dengan ukuran diameter 20 cm dan tinggi 25 cm. Dilakukan uji kemampuan berputarnya dengan menggunakan terowongan angin di Workshop Teknik Mesin. Pengarah angin dipasang pada sudut 0° , 15° , 30° dan 45° agar angin yang datang mengikuti arah yang telah ditetapkan. Anemeter digunakan untuk mengukur kecepatan masuk dari angin. Tachometer digunakan untuk mengukur putaran poros turbin angin pada semua kondisi yang telah dipersiapkan. Semua pengambilan data dilakukan 5 kali dan diambil nilai rata-rata. Data diambil pada suhu kamar kemudian diolah untuk mendapatkan hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran dan juga Tip Speed Ratio (TSR). Pemasangan reflektor pengarah angin sangat mempengaruhi kecepatan putar turbin. Pada sudut reflektor 0° berarti seperti tidak ada reflektor, putaran angin pada kecepatan angin 2.9 m/s, 3.2 m/s dan 3.4 m/s berturut-turut adalah 32.2 rpm, 55.2 rpm dan 60 rpm. Pada sudut 15° berturut-turut adalah 193.4 rpm, 214.2 rpm dan 229.6 rpm. Pada sudut 30° berturut-turut adalah 133.4 rpm, 143 rpm dan 158.2 rpm. Pada sudut 45° berturut-turut adalah 23 rpm, 26.2 rpm dan 32.6 rpm. Sudut 15° merupakan sudut yang paling optimum karena menghasilkan kecepatan putar yang paling tinggi. Hal ini disebabkan aliran angin lebih mengarah ke salah satu sudut yang memiliki koefisien drag lebih tinggi. Pada sudut 30° dan 45° justru semakin menurun karena arah angin tidak tepat di posisi sudut.

Kata kunci : Turbin angin sumbu vertikal, type drag, pengarah angin, optimum, TSR

1. Pendahuluan

Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan

bakar. Di Indonesia, kecepatan angin berkisar antara 2m/s hingga 6m/s. Dengan karakteristik kecepatan seperti itu, Indonesia dinilai cocok untuk menggunakan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil (10 kw) dan menengah (10-100 kw) untuk penggunaan energi misalnya lampu, pompa air, alat-alat elektronik dan lain-lain. Ditunjukkan bahwa potensi angin di Indonesia mencapai 9,286 MW.

Keuntungan yang didapat adalah tidak mengeluarkan gas-gas sisa pembakaran seperti karbon monoksida (*CO*) yang berbahaya jika jumlahnya berlebih, sehingga lebih ramah lingkungan. Potensi energi angin di Indonesia cukup besar mengingat keadaan geografis yang terdiri dari pegunungan dan pantai yang memiliki tekanan udara yang bervariasi menyebabkan terjadinya angin.

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang sumbu rotasinya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Jika dibandingkan efisiensi turbin, turbin angin sumbu horisontal lebih efektif dalam mengekstrak energi angin dibandingkan turbin angin sumbu vertikal. Tetapi turbin angin sumbu vertikal juga memiliki keunggulan, yaitu:

Tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah, tidak seperti turbin angin horisontal yang memerlukan mekanisme tambahan untuk menyesuaikan rotor turbin dengan arah angin. Tidak membutuhkan struktur menara yang besar. Konstruksi turbin sederhana dapat didirikan dekat dengan permukaan tanah. Selain itu VAWT dapat bergerak dan menghasilkan energi listrik pada kondisi kecepatan angin yang rendah [1].

Tawari, Z dalam Tugas Akhirnya melakukan penelitian terhadap sudut pada sudut VAWT type savonius. Setelah semua tahapan penelitian dan pengujian dilakukan pada prototype turbin angin sumbu vertikal tipe Savonius dengan sudu berbentuk V, dengan variasi sudut sudu, variasi beban dan variasi pada kecepatan angin. Maka dapat disimpulkan bahwa: 1. Dari kelima variasi sudut sudu yang telah diuji, sudu 125° lah yang menghasilkan putaran (*n*) paling tinggi dibandingkan dengan yang lain yaitu pada kecepatan angin 4,1 m/s berada di angka 115,3 rpm tanpa gaya pengimbang, 93,2 rpm dengan gaya pengimbang 0,4 kg dan 69,6 rpm dengan gaya pengimbang 0,9 kg. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s putaran (*n*) berada di angka 81,2 rpm tanpa gaya pengimbang, 55,2 rpm dengan gaya pengimbang 0,4 kg, dan 28,6 rpm dengan gaya pengimbang 0,9 kg [2].

Ola Dwi Sandra Hasan dkk melakukan modifikasi untuk meningkatkan efisiensi dari turbin Savonius. Salah satunya adalah penambahan end plate yang mampu meningkatkan perbedaan tekanan dari kedua sisi sudu sehingga memperbesar drag positif turbin. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan variasi jumlah penambahan fin pada sudu. Variasi jumlah fin yang dilakukan adalah 1,2,4 dan 7 fin serta pengujian dengan menggunakan generator dan tanpa generator. Dari hasil pengujian, variasi fin yang dapat meningkatkan *C_p* turbin Savonius adalah variasi 1 fin jika dibandingkan turbin

standarnya dengan nilai *C_p* sebesar 0,11. SKEA turbin Savonius menggunakan generator 12 V;400W dapat menghasilkan daya maksimal 5,71 Watt pada putaran 134 rpm [3].

I B Alit dkk melakukan variasi sudut pada turbin angin sumbu vertikal bertingkat. Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran dapat disimpulkan bahwa penambahan sudut pada turbin Savonius dari 00 sampai 900 menurunkan unjuk kerja turbin,. Meningkatnya kecepatan angin dari 2 sampai 5 m/s menghasilkan TSR dan koefisien daya yang bertambah besar. Semakin besar sudut pada turbin Savonius menyebabkan penurunan daya rotor juga semakin besar. Putaran maksimum rotor diperoleh pada kecepatan angin 5 m/s dengan sudut sudu 00, yaitu sebesar 150.6 rpm. [4]

Modifikasi sudu yang bisa mengatup secara otomatis dikembangkan oleh *Momon Arifuddin*. Model kincir angin ini dibuat dengan empat sudu datar bersekat empat ruang yang membentang dan mengatup otomatis. Koefisien daya maksimal tertinggi di capai oleh model kincir angin dengan ukuran sudu 30x 24 cm yakni sebesar 1,57 % pada tip speed ratio (TSR) 0,35 dengan efisiensi sistem maksimal sebesar 0,51 % [5].

Dalam aplikasi secara nyata, *Adi Putranto dkk* telah mengimplementasikan penggunaan turbin angin dalam skala rumah tangga. Hasil Penelitian rancang bangun ini dengan menggunakan variabel bebas, yaitu pada panjang lengan 84 cm dengan perbandingan roda gigi 28:1 efisiensi maksimal sebesar (55%), panjang lengan 84 cm dengan perbandingan roda gigi 60:1 efisiensi maksimal sebesar (100%), panjang lengan 64 cm dengan perbandingan roda gigi 28:1 efisiensi maksimal sebesar (84, 66%), sedangkan panjang lengan 64 cm dengan perbandingan roda gigi 60:1 efisiensi maksimal sebesar (100%). Sehingga disarankan kepada peneliti yang membuat turbin angin untuk menggunakan panjang lengan yang pendek dan ratio roda gigi yang lebih besar agar didapatkan daya yang maksimal [6]

Permasalahan yang dibahas pada riset ini adalah bagaimana pengaruh sudut pengarah aliran udara terhadap kecepatan putar turbin angin dan TSR. Kemudian bagaimana mendapatkan sudut pengarah yang optimum agar turbin berkinerja yang paling baik

Manfaat Penelitian ini adalah mendapatkan turbin angin sumbu vertikal yang optimum dan memungkinkan untuk menjadi salah satu pembangkit listrik alternatif untuk masyarakat

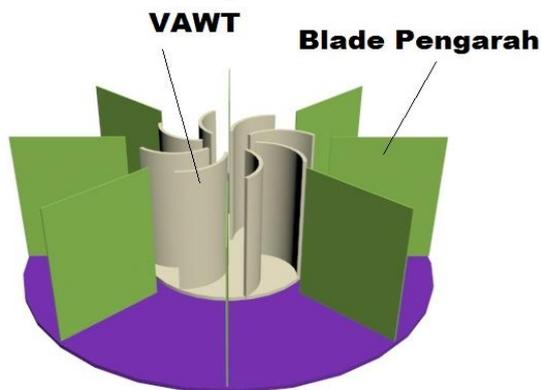
2. Metodologi

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin. Dengan melakukan pembuatan prototype turbin angin sumbu vertikal type savonius. Dibuat dari baha PVC dengan ukuran diameter 20 cm dan tinggi 25 cm. Kipas angin besar digunakan sebagai sumber angin pengujian. Sebuah terowongan angin dipasang agar meningkatkan kecepatan angin yang ada. Ada 3 tingkatan kecepatan angin pada kipas angin. Turbin angin sumbu vertikal dipasang di depan keluaran terowongan angin. Dilakukan pengambilan data putaran (rpm) dengan tachometer pada kondisi tanpa reflektor, reflektor 15⁰, 30⁰ dan 45⁰. Setiap pengujian dilakukan lima kali pengambilan data.



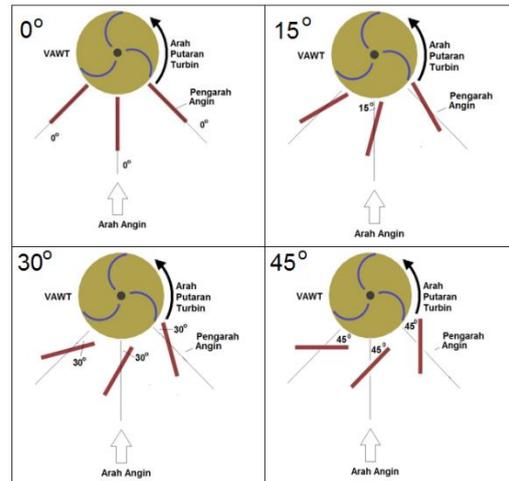
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Metode Pengambilan Data

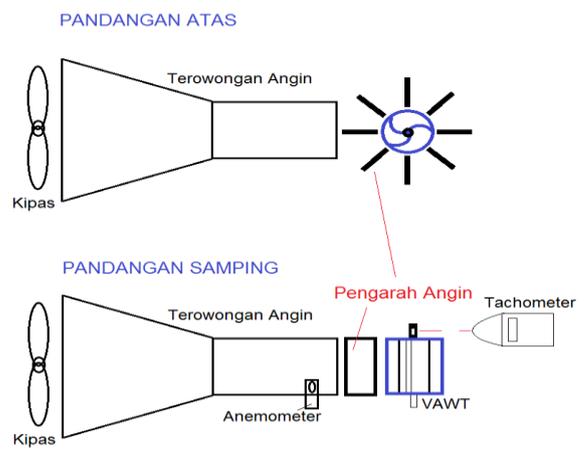


Gambar 2. Turbin dan Pengarah Angin

Posisi blade pengarah angin seperti pada gambar di atas. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Posisi Sudut Pengarah Angin



Gambar 4 Sketsa Percobaan

2.2. Diagram Percobaan



Gambar 5 Percobaan Vertikal Axis Wind Turbin



Gambar 6 Posisi VAWT

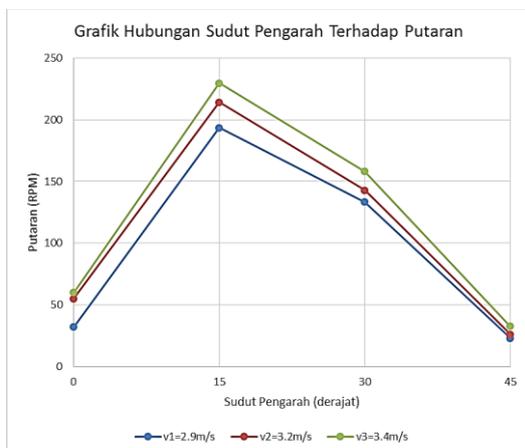
3. Hasil dan Pembahasan

Dari percobaan yang telah dilakukan di workshop Teknik Mesin Universitas Khairun didapatkan hasil dan data penelitian dari pengujian turbin angin vertikal. Setiap pengujian turbin dilakukan sebanyak lima kali dengan suini adalah nilai rata – rata dut sudut pengarah, turbin dengan kecepatan angin yang berbeda.

Pengujian dilakukan dalam suhu kamar, selang waktu antara pengujian satu dengan yang lain adalah 5 menit. Nilai di bawah ini adalah nilai rata-rata setiap pengambilan data.

Tabel 1. Nilai RPM pada Semua Kondisi

No	Kecepatan	Nilai Kecepatan (m/s)	PUTARAN TURBIN (rpm)			
			Peng arah 0 ⁰	Peng arah 15 ⁰	Peng arah 30 ⁰	Peng arah 45 ⁰
1	v1	2.9	32.2	193.4	133.4	23
2	v2	3.2	55.2	214.2	143	26.2
3	v3	3.4	60	229.6	158.2	32.6

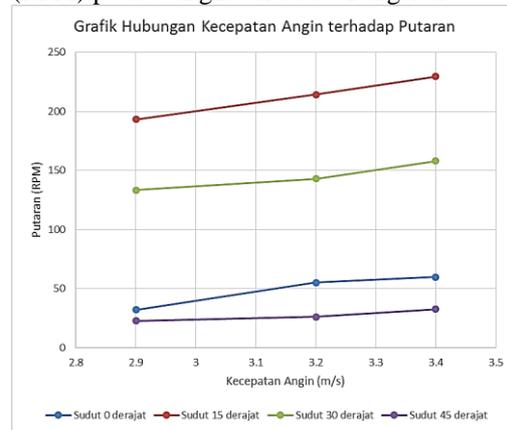


Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Sudut Pengarah Angin Dengan Kecepatan Angin

Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan memberikan sudut 15⁰ pada pengarah angin maka kecepatan VAWT meningkat dengan sangat pesat. Hal ini disebabkan aliran angin mengarah tepat pada sudu yang memiliki koefisien drag besar. Ujung pengarah yang satunya justru menutup angin ke sisi turbin yang terdapat sudu pada koefisien drag yang kecil. Pada kondisi ini kecepatan putar turbin mengalami puncaknya.

Penambahan sudut menjadi 30⁰ membuat aliran angin lebih banyak ke arah luar turbin. Sehingga memperkecil kecepatan putarannya. Penambahan sudut menjadi 45⁰ menjadikan turbin angin tertutup pengarah sehingga putaran menjadi sangat kecil, lebih kecil daripada kondisi semula.

Dari empat kondisi pengarah, sudut 15⁰ merupakan posisi yang menghasilkan putaran tertinggi pada semua tingkatan kecepatan angin. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Putaran (RPM) pada 4 tingkatan Sudut Pengarah



Gambar 8 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin Dengan Putaran

Secara umum semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula kecepatan putar turbin. Dari 3 mode kecepatan yang ada di kipas angin, mode 3 adalah mode tertinggi dan menghasilkan angin sebesar 3.4 m/s. Pada mode ini semua posisi sudut pengarah, memberikan kecepatan putar paling besar. Namun demikian peningkatan kecepatan putar pada mode 1, mode 2 dan mode 3 dalam kurva yang landai dibandingkan perubahan sudut pengarah angin sebagaimana dalam penjelasan sebelumnya. Hal ini menunjukkan pemasangan pengarah angin memberi efek yang significant dibandingkan dengan kenaikan kecepatan angin.

Menentukan Tip Speed Ratio (TSR)

Tip Speed Ratio merupakan perbandingan antara kecepatan linier ujung terluar dari turbin terhadap kecepatan angin yang datang.

Berikut ini contoh penghitungan TSR pada satu data percobaan.

$$TSR = \frac{2 \pi R n}{60 \cdot v}$$

Misalkan :

R = 10 cm

$\pi = 0.1$ m

n = 32.2 rpm

v = 2.9 m/s

Maka :

$$TSR = \frac{2 \times 3.14 \times 0.1 \times 32.2}{60 \times 2.9}$$

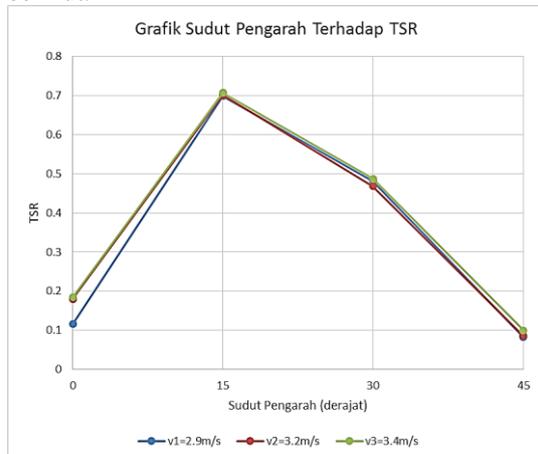
$$TSR = 0.116216092$$

Demikian juga untuk yang lain bisa dihitung dengan cara yang sama. Dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 2 Nilai Tip Speed Ratio (TSR)

no	v	v (m/s)	Tips Speed Ratio (TSR)			
			Pengarah 0°	Pengarah 15°	Pengarah 30°	Pengarah 45°
1	1	2.9	0.116216092	0.698018391	0.481466667	0.083011494
2	2	3.2	0.18055	0.7006125	0.467729167	0.085695833
3	3	3.4	0.184705882	0.706807843	0.487007843	0.100356863

Hubungan Sudut Pengarah Terhadap TSR pada 3 tingkatan kecepatan dapat digambarkan sebagai berikut.

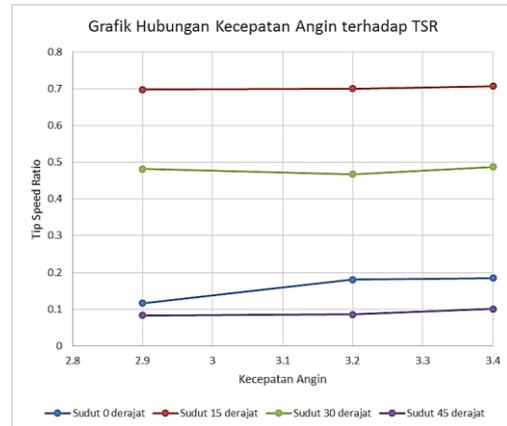


Gambar 9 Grafik Hubungan Tip Speed Ratio (v) Dengan Sudut Pengarah

Pada gambar 9 TSR memiliki trend yang sama dengan RPM, karena TSR dalam hal ini memberikan arti perbandingan kecepatan linier ujung terluar turbin dan kecepatan input (angin). Secara umum turbin ini memiliki TSR yang rendah. Secara signifikan terjadi kenaikan pada sudut pengarah 15°. Kemudian berangsur turun pada sudut 30° dan 45°. TSR merupakan variabel yang penting pada sebuah turbin angin.

Pada sudut pengarah 15° TSR memiliki nilai tertinggi pada semua tingkatan kecepatan

angin, baik mode 1, mode 2 sampai mode 3. Pada sudut itu semua nilai TSR hampir berimpit satu sama lain.



Gambar 10 Grafik Hubungan Tip Speed Rasio dengan Kecepatan Angin

Dengan kenaikan kecepatan angin sebagaimana dalam gambar 10 maka kecepatan putaran poros turbin akan semakin besar. Namun kenaikan itu terlihat lebih landai dibanding akibat perubahan sudut pengarah. Pada sudut 30° bahkan terjadi penurunan TSR dengan kenaikan kecepatan angin. Pada nilai TSR tertinggi yaitu pada sudut 15° nilai TSR hampir konstan dengan nilai berkisar antara 0.7.

Seperti pada kecepatan putar maka TSR tertinggi ada pada sudut pengarah 15°. Hal ini merupakan sebuah rekomendasi yang baik untuk melakukan desain VAWT dengan sudut pengarah.

4. Kesimpulan

Turbin angin savonius merupakan turbin angin type drag yang mana putaran turbin dipengaruhi oleh perbedaan koefisien drag kedua permukaan turbin saat mendapatkan angin dari satu arah. Pemasangan reflektor pengarah sangat mempengaruhi kecepatan putar turbin. Pada sudut reflektor 0° berarti seperti tidak ada reflektor, putaran angin pada kecepatan angin 2.9 m/s, 3.2 m/s dan 3.4 m/s berturut-turut adalah 32.2 rpm, 55.2 rpm dan 60 rpm. Pada sudut 15° berturut-turut adalah 193.4 rpm, 214.2 rpm dan 229.6 rpm. Pada sudut 30° berturut-turut adalah 133.4 rpm, 143 rpm dan 158.2 rpm. Pada sudut 45° berturut-turut adalah 23 rpm, 26.2 rpm dan 32.6 rpm.

Sudut 15° merupakan sudut yang paling optimum karena menghasilkan kecepatan putar yang paling tinggi. Hal ini disebabkan aliran angin lebih mengarah ke salah satu sudu yang memiliki koefisien drag lebih tinggi. Pada sudut 30° dan 45°

justru semakin menurun karena arah angin tidak tepat d posisi sudu.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan percobaan pada sudut yang lebih bervariasi sehingga hasil akan lebih akurat. Kemudian eksperimen selanjutnya dilakukan pada kondisi angin yang sesungguhnya dengan memberikan beban generator sehingga akan didapatkan nilai yang sesungguhnya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya haturkan dengan sepuh hati kepada pembimbing utama bapak Witono Hardi dan pembimbing pendamping Bapak Rudi Hartono serta Kepala Laboratorium Pengujian Prodi Teknik Mesin Universitas Khairun.

Daftar Pustaka

- [1] B. Junaidin, "Perancangan Purwarupa Vertical Axis Wind Tubine (Vawt) Skala Kecil," *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 9, no. 2, p. 29, 2017.
- [2] W. Hardi, Z. S. Tawary, and M. M. Harbelubun, "The Effect of Angle Variation in the Model V Blade on the Savonius-Type Vertical Axis Wind Turbine ' s Performance," in *International Joint Conference on Science and Technology 2021*, Ternate: E3S Web of Conferences, 2021, pp. 4–7.
- [3] O. Dwi, S. Hasan, R. Hantoro, G. Nugroho, I. Pendahuluan, and A. A. Penelitian, "Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu," vol. 2, no. 2, pp. 350–355, 2013.
- [4] I. B. Alit, N. Nurchayati, and S. H. Pamuji, "Turbin angin poros vertikal tipe Savonius bertingkat dengan variasi posisi sudut," *Din. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 107–112, 2016.
- [5] Momon Arifudhin, "Model Kincir Angin Poros Vertikal Dengan Empat Sudu Datar Empat Ruang Yang Dapat Membentang Dan Mengatup Secara Otomatis," 2010.
- [6] A. Putranto, A. Prasetyo, and A. Zatmiko, *Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga*. 2011.
- [7] A. Adhi Candra, "Ini Deretan Proyek Kebun Angin yang Dibangun di RI," *Detik*, 2018. .
- [8] F. M. Akbar and C. Rangkuti, "Pengujian Kinerja Turbin Angin Kombinasi Darrieus," *J. Tek. Mesin Univ. Trisakti*, vol. 1, no. 1, pp. 173–178, 2018.