

**Pengujian Dan Analisis Performansi Model Turbin Angin Tipe
Poros Silang Kapasitas Daya 10 W**

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Williams Joseph Rumbiak

NPM: 163030044



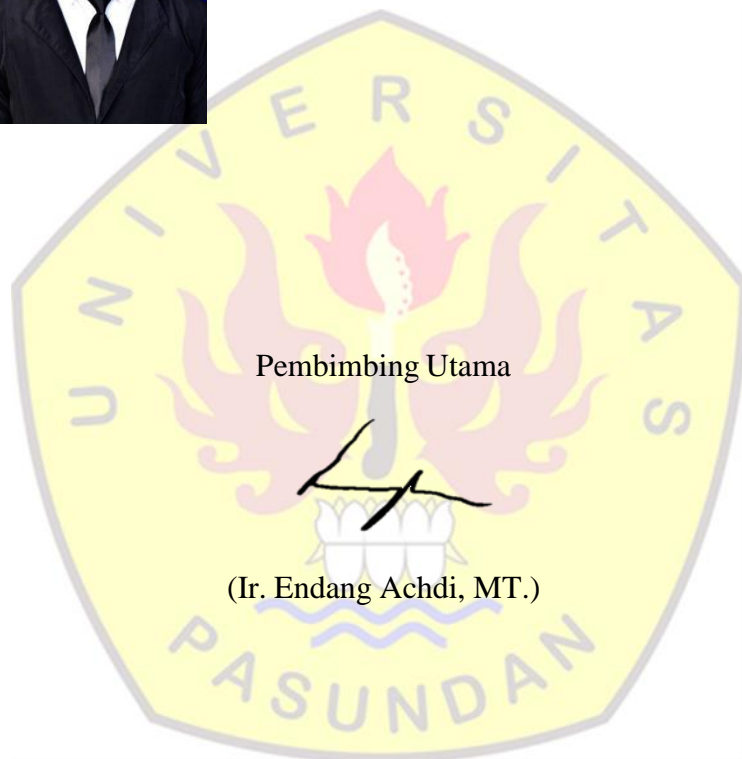
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Pengujian Dan Analisis Performansi Model Turbin Angin Tipe Poros Silang Kapasitas Daya 10 W



Nama: Williams Joseph Rumbiak
NPM: 163030044

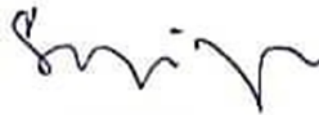


Pembimbing Utama



(Ir. Endang Achdi, MT.)

Pembimbing Pendamping

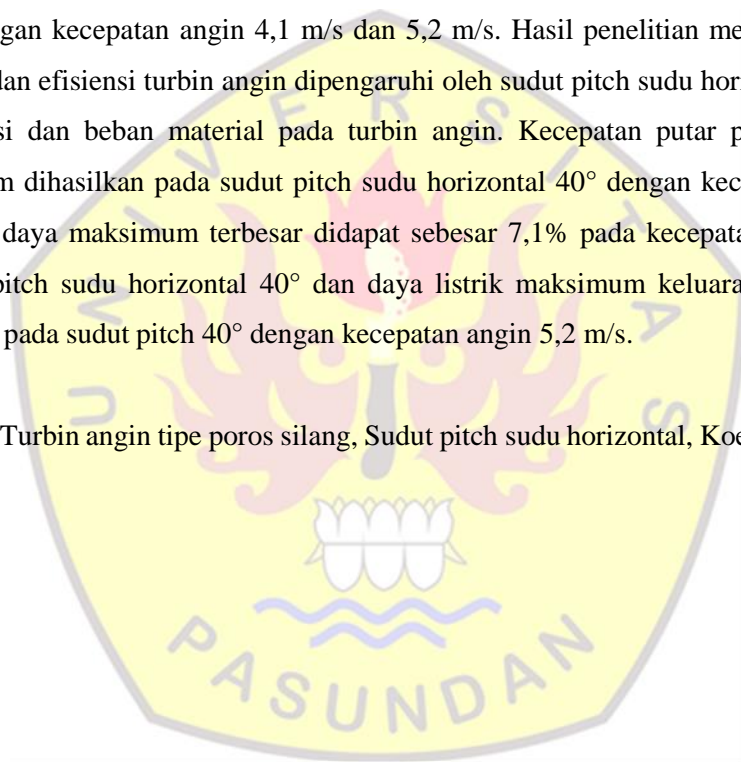


(Ir. Toto Supriyono, MT.)

ABSTRAK

Pemanfaatan energi angin dengan menggunakan turbin angin terus meningkat sebagai alat konversi energi yang sudah dikenal sejak dahulu. Jenis turbin angin yang sudah lama dikenal yaitu turbin angin poros vertikal dan turbin angin poros horizontal. Turbin ini didesain untuk menyerap energi angin yang datang secara horizontal sedangkan dalam kenyataannya angin sering bergerak secara acak. Oleh karena itu dikembangkan jenis turbin baru yaitu turbin angin tipe poros silang. Turbin angin tipe poros silang ini didesain dapat menyerap energi angin yang datang secara acak. Model turbin angin tipe poros silang ini terdiri dari 5 buah sudu vertikal dan 6 buah sudu horizontal. Pengujian turbin angin meliputi pengukuran kecepatan angin, kecepatan putar poros, tegangan dan arus listrik. Uji kinerja dilakukan pada kecepatan angin yang konstan. Selama pengujian, sudut pitch sudu horizontal divariasikan dari 25° hingga 40° dengan kecepatan angin 4,1 m/s dan 5,2 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya keluaran dan efisiensi turbin angin dipengaruhi oleh sudut pitch sudu horizontal, slip pada sistem transmisi dan beban material pada turbin angin. Kecepatan putar poros maksimum sebesar 178 rpm dihasilkan pada sudut pitch sudu horizontal 40° dengan kecepatan angin 5,2 m/s. Koefisien daya maksimum terbesar didapat sebesar 7,1% pada kecepatan angin 4,1 m/s dengan sudut pitch sudu horizontal 40° dan daya listrik maksimum keluaran dari generator sebesar 2,88 W pada sudut pitch 40° dengan kecepatan angin 5,2 m/s.

Kata Kunci: Turbin angin tipe poros silang, Sudut pitch sudu horizontal, Koefisien daya.

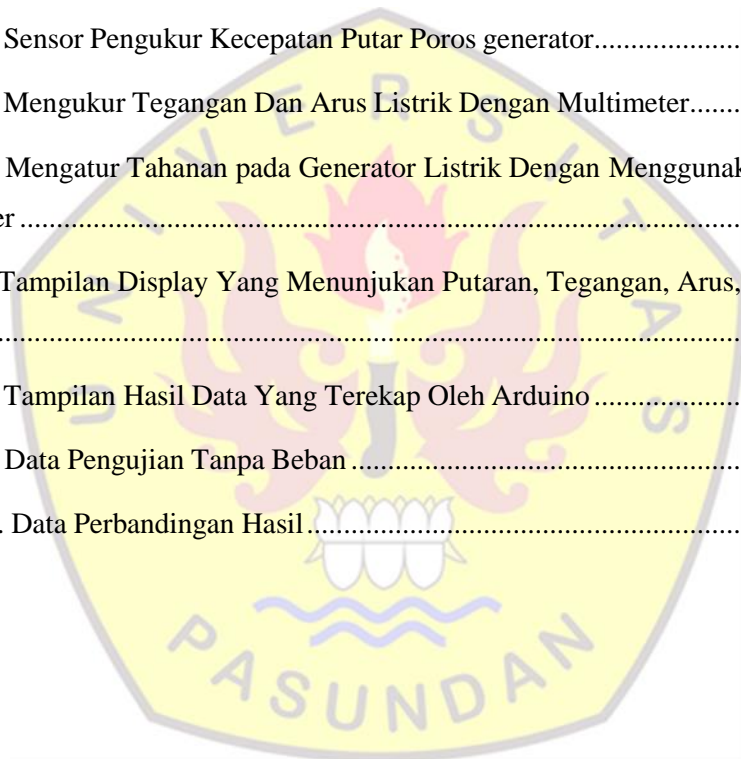


DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang.....	1
2. Rumusan Masalah.....	1
3. Tujuan.....	1
4. Manfaat Penelitian.....	2
5. Batasan Masalah.....	2
6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	3
1. Turbin Angin.....	3
2. Klasifikasi Turbin Angin.....	3
a) Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH).....	3
b) Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV).....	4
3. Komponen-Komponen Utama Turbin Angin.....	6
a) Komponen turbin angin sumbu horizontal.....	7
b) Komponen turbin angin sumbu vertikal.....	9
4. Persamaan Turbin Angin.....	11
a) Daya angin.....	11
b) Luas sapuan rotor.....	11
c) Perbandingan kecepatan putar poros.....	11

d) Tip Speed Ratio (TSR).....	12
e) Kecepatan sudut.....	12
f) Daya turbin.....	12
g) Koefisien daya.....	12
h) Betz Limit.....	13
i) Soliditas sudu (<i>blade solidity</i>).....	13
5. <i>Airfoil</i> Dan NACA.....	14
6. Aerodinamik.....	15
7. Alat-alat Yang Digunakan.....	17
a) Generator.....	17
b) Voltmeter.....	20
c) Amperemeter.....	20
d) Anemometer.....	21
e) Dinamometer.....	21
8. Riview Jurnal.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
1. Tahapan Penelitian.....	32
2. Jadwal Kegiatan.....	33
3. Tempat Penelitian.....	33
4. Setup Pengujian.....	33
5. Persiapan Pengujian.....	35
6. Prosedur Pengujian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
1. Data Hasil Pengujian.....	36
a) Data pengujian angin.....	36
b) Data Pengujian turbin angin tipe poros silang.....	36
2. Pembahasan.....	43
a) Kurva kecepatan putar poros turbin vs waktu.....	54
b) Kurva C_p vs TSR.....	54

c) Analisis.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
1. Kesimpulan.....	58
2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	62
Lampiran 1. Instalasi Pengujian.....	63
Lampiran 2. Pengukuran Kecepatan Angin.....	63
Lampiran 3. Mengatur Sudut Pitch Sudu Horizontal.....	64
Lampiran 4. Sensor Pengukur Kecepatan Putar Poros generator.....	64
Lampiran 5. Mengukur Tegangan Dan Arus Listrik Dengan Multimeter.....	65
Lampiran 6. Mengatur Tahanan pada Generator Listrik Dengan Menggunakan Potensiometer	65
Lampiran 7. Tampilan Display Yang Menunjukkan Putaran, Tegangan, Arus, dan Daya Yang Diperoleh.....	66
Lampiran 8. Tampilan Hasil Data Yang Terekap Oleh Arduino.....	66
Lampiran 9. Data Pengujian Tanpa Beban.....	67
Lampiran 10. Data Perbandingan Hasil.....	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Turbin Angin Sumbu Horizontal	4
Gambar 2. Turbin angin sumbu vertikal	5
Gambar 3. Komponen Turbin Angin.....	7
Gambar 4. Komponen Turbin Angin Poros Silang.....	9
Gambar 5. nilai koefisien daya dan tip speed	13
Gambar 6. Konsep Betz limit	13
Gambar 7. Geometri seri <i>airfoil</i> NACA	14
Gambar 8. <i>Airfoil</i> NACA 4415.....	15
Gambar 9. Kerja Aerodinamis pada <i>Airfoil</i>	15
Gambar 10. Segitiga kecepatan pada turbin angin vertikal.....	16
Gambar 11. Posisi sudut pitch blade.....	16
Gambar 12. Generator	17
Gambar 13. Komponen Utama Generator AC.....	17
Gambar 14. Generator DC.....	18
Gambar 15. Penempatan Voltmeter dengan beban.....	20
Gambar 16. Penempatan amperemeter dengan beban	20
Gambar 17. Anemometer.....	21
Gambar 18. Skema dinamometer.....	22
Gambar 19. Skema Rope Brake Dynamometer.....	22
Gambar 20. Prony Brake Dynamometer.....	23
Gambar 21. Dinamometer tipe generator listrik	24
Gambar 22. Diagram Alir	32
Gambar 23. Setup pengujian turbin angin	33
Gambar 24. Turbin Angin Tipe Poros Silang.....	34
Gambar 25. Arah aliran angin menuju turbin	34
Gambar 26. Pandangan atas turbin menunjukkan sudut antara bagian atas dan bawah sudu .	35
Gambar 27. Kurva kecepatan putar poros generator vs waktu tanpa beban.....	54
Gambar 28. Kurva C_p vs TSR dengan $v = 4,1$ m/s	55
Gambar 29. Kurva C_p vs TSR dengan $v = 5,2$ m/s	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan karakteristik dinamometer generator listrik dan dinamometer prony break	24
Tabel 2. Preliminary Test on Cross Axis Wind Turbine.....	25
Tabel 3. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius [2].....	26
Tabel 4. Pengaruh Jumlah <i>Blade</i> Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe-H	27
Tabel 5. Design and Early Development of a Novel Cross Axis Wind Turbine.....	28
Tabel 6. Design and Testing of a Novel Building Integrated Cross Axis Wind Turbine.....	30
Tabel 7. Jadwal Kegiatan.....	33
Tabel 8. Pengujian angin dengan variasi kecepatan 2 pada kipas angin	36
Tabel 9. Pengujian angin dengan variasi kecepatan 3 pada kipas angin	36
Tabel 10. Data Arduino hasil putaran poros generator terhadap waktu	37
Tabel 11. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 4,1 m/s sudut pitch sudu horizontal 25°	38
Tabel 12. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 4,1 m/s sudut pitch sudu horizontal 30°	38
Tabel 13. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 4,1 m/s sudut pitch sudu horizontal 35°	39
Tabel 14. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 4,1 m/s sudut pitch sudu horizontal 40°	40
Tabel 15. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 5,2 m/s sudut pitch sudu horizontal 25°	41
Tabel 16. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 5,2 m/s sudut pitch sudu horizontal 30°	41
Tabel 17. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 5,2 m/s sudut pitch sudu horizontal 35°	42
Tabel 18. Pengujian turbin angin dengan kecepatan angin 5,2 m/s sudut pitch sudu horizontal 40°	43
Tabel 19. Data kecepatan putar generator beserta diameter pada pully generator dan pully turbin	44
Tabel 20. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 25° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	46
Tabel 21. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 30° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	47
Tabel 22. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 35° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	47

Tabel 23. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 40° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	48
Tabel 24. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 25° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	48
Tabel 25. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 30° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	49
Tabel 26. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 35° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	49
Tabel 27. Data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sudut pitch 40° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	50
Tabel 28. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 25° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	50
Tabel 29. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 30° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	51
Tabel 30. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 35° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	51
Tabel 31. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 40° dengan kecepatan angin 4,1 m/s	51
Tabel 32. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 25° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	52
Tabel 33. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 30° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	52
Tabel 34. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 35° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	53
Tabel 35. Data daya listrik yang dihasilkan oleh sudut pitch 40° dengan kecepatan angin 5,2 m/s	53

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pemanfaatan energi angin dengan menggunakan turbin angin terus meningkat sebagai alat konversi energi yang sudah dikenal sejak dahulu. Namun seiring ditemukannya minyak bumi kecenderungan pemanfaatan energi angin untuk kehidupan manusia mulai menurun, keadaan ini berlangsung hingga terjadinya krisis energi. Dengan demikian masyarakat mulai menyadari perlunya pengembangan manfaat energi nonminyak termasuk pengembangan pemanfaatan energi angin melalui turbin angin. Jenis turbin angin yang sudah lama dikenal yaitu turbin angin poros vertikal dan turbin angin poros horizontal. Turbin angin ini didesain untuk menyerap energi angin yang datang secara horizontal sedangkan dalam kenyataannya angin sering bergerak secara acak. Oleh karena itu dikembangkan jenis turbin baru yaitu turbin angin tipe poros silang. Turbin angin tipe poros silang ini didesain dapat menyerap energi angin yang datang secara acak. Karakteristik performansi model turbin angin tipe poros silang hasil pengembangan adalah sangat penting sebelum ditindaklanjuti menjadi prototipe untuk diterapkan di masyarakat luas.

Sehubungan dengan permasalahan yang dikemukakan pada paragraf di atas maka melalui skripsi ini telah dilakukan pengujian dan analisis model turbin angin tipe poros silang. Parameter-parameter hasil pengujian ini telah digunakan untuk analisis performansi dan membandingkannya dengan parameter performansi hasil desain model turbin angin tipe poros silang sebelumnya. Pengujian turbin angin meliputi pengukuran variasi kecepatan angin, kecepatan putar poros, tegangan dan arus listrik. Sehingga dari hasil pengujian dan analisis ini telah diperoleh karakteristik performansi model turbin angin tipe poros silang.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang dikemukakan di atas maka rumusan masalahnya yaitu bagaimanakah mendapatkan parameter performansi yang akan digunakan untuk mengetahui karakteristik performansi model turbin angin tipe poros silang hasil desain sebelumnya.

3. Tujuan

Tujuan dari skripsi ini yaitu:

1. Menentukan parameter performansi model turbin angin tipe poros silang untuk dianalisis.
2. Membandingkan nilai parameter hasil pengujian dengan parameter performansi hasil desain sebelumnya.

4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu dapat menambah bahan informasi bagi masyarakat luas yang berkaitan dengan pengujian dan analisis karakteristik performansi turbin angin tipe poros silang kapasitas 10 W.

5. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian skripsi ini yaitu pengujian performansi turbin angin tipe poros silang berkapasitas daya 10 W yang meliputi pengukuran kecepatan angin, kecepatan putar poros, sudut pitch sudu horizontal, tegangan dan arus listrik.

6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang Latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan, Batasan masalah, Prediksi hasil, Manfaat penelitian, dan Sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi dasar-dasar teori yang berhubungan dengan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin angin.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang diagram alir dan penjelasan diagram alir proses pengujian dan analisis turbin angin tipe poros silang.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang pembahasan hasil penelitian dan data-data yang didapat dalam melakukan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang penulis tulis dalam laporan serta saran yang bermanfaat untuk pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan buku acuan atau jurnal yang digunakan penulis dalam skripsi

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. / Ieee and I. Standards Volume, "Short-Circuits In AC And DC Systems: ANSI, IEEE, And IEC Standards," London, 2018. [Online]. Available: www.EngineeringBooksPDF.com
- [2] A. Marabdi Siregar and F. Lubis, "Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-U Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif," Sumatera Utara, 2019.
- [3] Chen Wai Kai, "The Electrical Engineering Handbook," Tokyo, 2004.
- [4] E. Achdi, B. Fajar, S. H. Winoto, and I. Lufti, "Preliminary Test on Cross Axis Type Wind Turbine," *Adv Sci Lett*, vol. 24, no. 12, pp. 9620–9622, Nov. 2018, doi: 10.1166/asl.2018.13093.
- [5] E. Hau, *Wind turbines: Fundamentals, technologies, application, economics*, vol. 9783642271519. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-27151-9.
- [6] E. Purwanto, "Terowongan Angin Tipe Terbuka," Bandung, 2019. Accessed: Dec. 15, 2022. [Online]. Available: [E Purwanto, E Achdi, T Supriyono - 2019 - repository.unpas.ac.id](http://E.Purwanto, E.Achdi, T.Supriyono - 2019 - repository.unpas.ac.id)
- [7] Fikri Dicky Nur, "Pengujian Pneumatic Conveyor Untuk Tepung," Bandung, 2018. Accessed: Dec. 16, 2022. [Online]. Available: [DN Fikri - 2018 - repository.unpas.ac.id](http://DN.Fikri - 2018 - repository.unpas.ac.id)
- [8] Hansen Martin O. L., "Aerodynamics Of Wind Turbines Second Edition," 2008.
- [9] Hansen Martin O. L., "Aerodynamics Of Wind Turbines Second Edition," London, 2000. [Online]. Available: www.EngineeringEBooksPdf.com
- [10] J. F. Manwell, J. G. McGowan, and A. L. Rogers, "Wind Energy Explained: Theory, Design and Application," 2010. [Online]. Available: www.EngineeringEBooksPdf.com
- [11] Kuntoro Yulius Setyo Budi, "Unjuk Kerja Kincir Angin Sumbu Horizontal Dua Sudu Berbahan Komposit, Diameter 100 cm, Lebar 13 cm Pada Jarak 12,5 cm Dari Pusat Poros Dengan 2 Variasi Sirip 5 cm Dan 7 cm," Yogyakarta, 2017.
- [12] Lastomo Dwi, "Simulasi Pengendali Sudut Pitch Blade Pada Turbin Angin Dengan Flower Pollination Algorithm (FPA) Untuk Mengoptimalkan Konversi Daya Listrik," Surabaya, 2016.
- [13] L. Hikmawan, "Pengujian Turbin Angin Tipe Poros Silang," Bandung, 2019.

- [14] M. Carlton and J. L. Devore, "Springer Texts In Statistics," 2014. [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/417>
- [15] M. Lidinillah and I. Made Mara, "Pengukuran Unjuk Kerja Motor Bensin Dengan Dinamometer Generator AC," 2014.
- [16] MulqiTrika Malikul Restu, "Pengujian Turbin Air Skripsi Pengesahan," Bandung, 2019. Accessed: Dec. 16, 2022. [Online]. Available: [RTM Mulqi - 2019 - repository.unpas.ac.id](http://repository.unpas.ac.id)
- [17] Nugraha Fajar, "Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pengisian Baterai Laptop Dan Handphone," Bandung, 2018. Accessed: Dec. 16, 2022. [Online]. Available: [F Nugraha, E Achdi, T Supriyono - 2018 - repository.unpas.ac.id](http://repository.unpas.ac.id)
- [18] N. : Fadhilah and F. Rusdianto, "Perancangan Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Heliks Kapasitas 5 W," Bandung, 2022.
- [19] Pangestu Rangga, "Turbin Angin Vertikal Savonius Bertingkat Membentuk Helix," pp. 3–7, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.14852.73600.
- [20] R. D. Atkins, *An Introduction To Engine Testing And Development*. Hasting, 2009.
- [21] Ribki Muhammad, "Perancangan Turbin Angin Tipe Poros Silang," pp. 4–11, 2019.
- [22] R. Riki, "Pengukuran Kinerja Heat Pipe Untuk Pendingin Photovoltaic Module 100 WP," pp. 1–11, 2021, Accessed: Dec. 16, 2022. [Online]. Available: [R Rismawan, T Supriyono, H Sonawan - 2022 - repository.unpas.ac.id](http://repository.unpas.ac.id)
- [23] Rochman Ari Rudi Nur, "Pengujian Dan Analisis Turbin Angin Tipe Poros Silang Menggunakan Dinamometer Daya," 2021.
- [24] S. N. Wahyudi, "Pengaruh Jenis dan Jumlah Bilah Naca 3612 Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)," Semarang, 2020.
- [25] Suharpriyatna Ajat, "Analisis Turbin Angin Tipe Poros Silang Kapasitas Daya 10 W Pada Putaran 250 Rpm," Bandung, 2019.
- [26] Susilo Bili Darnanto, "Analisis Karakteristik Turbin Angin Sumbu Horizontal," Jember, 2019.
- [27] Taylor, "Synchronous Generators Second Edition By Ion Boldea," pp. 100–150, 2016.

- [28] T. Supriyono, "Mekanika Fluida Dasar," Dec. 2019, Accessed: Dec. 15, 2022. [Online]. Available: [T Supriyono - 2019 - repository.unpas.ac.id](https://repository.unpas.ac.id)
- [29] T. Supriyono, "Mekanika Fluida Lanjut," Bandung , Nov. 2021. Accessed: Dec. 15, 2022. [Online]. Available: [T Supriyono - 2021 - repository.unpas.ac.id](https://repository.unpas.ac.id)
- [30] T. Supriyono, M. Ramandani, H. Soemantri, B. Perjuangan Karawang, and J. Waluyu Sirnabaya Teluk Jambe Timur Karawang, "Uji Performansi Solar Panel Kapasitas 100 WP," vol. 2, no. 2, pp. 1–15, 2022, [Online]. Available: <http://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/JTMMX>
- [31] W. K. Muzammil *et al.*, "Design and Early Development of a Novel Cross Axis Wind Turbine," in *Energy Procedia*, 2017, vol. 105, pp. 668–674. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.373.
- [32] W. T. Chong, M. Gwani, C. J. Tan, W. K. Muzammil, S. C. Poh, and K. H. Wong, "Design and testing of a novel building integrated cross axiswind turbine," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 7, no. 3, 2017, doi: 10.3390/app7030251.
- [33] Wiley A John, "Power Conversion And Control Of Wind Energy Systems," Canada, 1957. [Online]. Available: www.EngineeringEBooksPdf.com
- [34] Wiley John, "Wind Energy Handbook," pp. 40–65, 2001.
- [35] Y. Daryanto, "Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu," 2007.