

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN ARCHIMEDES
DENGAN VARIASI BENTUK PENAMPANG BILAH**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

RIKO EFENDY
NIM. 2215213065

D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini didasari oleh adanya potensi besar energi angin di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara maksimal akibat kecepatan angin rata-rata yang tergolong rendah (3,5–7,3 m/s). Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, dikembangkan sebuah turbin angin Archimedes, karakteristik aerodinamik bilah turbin angin dipengaruhi oleh bentuk penampang. Hal ini dapat berdampak langsung terhadap performa turbin. Tugas akhir ini mempelajari pengaruh tiga varian bentuk penampang bilah: tanpa aerofoil, tip region, dan root region terhadap daya listrik yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang turbin angin dan mengukur besar daya listrik yang dihasilkan. Proses penelitian meliputi desain menggunakan perangkat lunak teknik, pembuatan komponen turbin, dan pengujian performa pada kondisi angin rendah. Hasil uji menunjukkan bahwa bilah dengan bentuk root region mampu menghasilkan daya tertinggi, yaitu sebesar 10,2 Wh, diikuti oleh tip region dan tanpa aerofoil. Turbin yang dirancang mampu bekerja menghasilkan daya 7–10 Wh pada kecepatan angin 7 m/s. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi bentuk penampang bilah memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi turbin.

Kata kunci: Turbin Angin Archimedes, energy angin, bentuk penampang bilah, Aerofoil, Root Region.

ABSTRACT

This research is based on the significant wind energy potential in Indonesia that remains underutilized due to the relatively low average wind speed (3.5–7.3 m/s). As a solution to this issue, an Archimedes wind turbine was developed. The aerodynamic characteristics of the turbine blades are influenced by the blade's cross-sectional shape, which directly impacts the turbine's performance. This final project examines the effect of three blade cross-section variants—without aerofoil, tip region, and root region—on the generated electrical power. The objectives of this study are to design the wind turbine and to measure the amount of electricity it produces. The research process includes design using engineering software, fabrication of turbine components, and performance testing under low wind speed conditions. Test results showed that the blade with the root region cross-section produced the highest power output at 10.2 Wh, followed by the tip region and the non-aerofoil design. The designed turbine was able to operate within a power range of 7–10 Wh at a wind speed of 7 m/s. These results indicate that variations in blade cross-section significantly affect the efficiency of the turbine.

Keywords: Archimedes Wind Turbine, wind energy, blade cross-section, Aerofoil, Root Region.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT BEBAS PLAGIAT	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.....	5
2.3 Turbin angin.....	5
2.4 Turbin angin Archimedes.....	7
2.5 Perancangan bilah turbin angin.....	8
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Jenis Penelitian.....	10
3.2 Gambar Rancang Bangun yang diusulkan	10
3.3 Alur Penelitian	11
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian	12
3.5 Penentuan Sumber Data	12

3.6 Sumber Daya Penelitian.....	13
3.7 Instrumen Penelitian	14
3.8 Prosedur Penelitian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Perancangan bilah turbin.....	16
4.2 Pengadaan Bahan Baku.....	20
4.2.1 Bahan bahan yang digunakan	20
4.3 Proses pembuatan alat.....	21
4.4 Proses perakitan alat	24
4.5 Hasil Rancangan	25
4.5.1 Cara kerja alat	25
4.6 Pengujian alat.....	26
4.6.1 Hasil data pengujian.....	26
4.6.2 Pembahasan.....	29
4.7 Anggaran biaya kebutuhan.....	29
BAB V PENUTUP.....	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komponen turbin angin Archimedes	13
Tabel 3.2 Waktu Penelitian	15
Tabel 3.3 Rincian anggaran Biaya	17
Tabel 3.4 Tabel Percobaan	17
Tabel 4.1 Komponen rancang bangun turbin angin Archimedes dengan variasi penampang bilah	21
Tabel 4.2 Pengujian rancang bangun turbin angin archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah tanpa air foil	28
Tabel 4.3 Pengujian rancang bangun turbin angin archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah root region	28
Tabel 4.4 Pengujian rancang bangun turbin angin Archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah tip region	28
Tabel 4.5 Anggaran biaya kebutuhan rancang bangun turbin angin Archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)</i>	6
Gambar 2.2 <i>Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)</i>	7
Gambar 2.3 <i>Tip region Aerofoil</i>	8
Gambar 2.4 <i>Root region Aerofoil</i>	9
Gambar 3.1 Turbin Angin Archimedes Turbin Angin Archimedes	12
Gambar 3.2 Alur Penelitian dan Perancangan Alat	14
Gambar 4.1 Perancangan bilah	19
Gambar 4.2 Perancangan rangka	22
Gambar 4.3 Rangka	24
Gambar 4.4 Mal bilah	25
Gambar 4.5 Bilah dengan <i>resin vinil ester R3314 CM</i>	26
Gambar 4.6 Hasil rancangan	27
Gambar 4.7 Hasil bilah tanpa air foil(a), tip region(b), root region(c)	27
Gambar 4.8 Grafik perbandingan dari hasil data pengujian ketiga variasi bentuk penampang bilah turbin	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lembar bimbingan pembimbing 1

Lembar bimbingan pembimbing 2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki kecepatan angin rata-rata yang tergolong rendah, yaitu sekitar 3,5 m/s hingga 7,3 m/s (Ginting, 2007). Kecepatan angin ini mempengaruhi kemampuan turbin angin dalam menghasilkan daya listrik. Pemilihan jenis turbin angin menjadi faktor penting untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan putaran angin yang dihasilkan (Wulansari, 2021). Namun, kincir angin atau turbin angin pada umumnya membutuhkan area yang luas untuk menangkap angin secara optimal (Wulansari, 2021).

Di masa depan, angin berkecepatan rendah diharapkan dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu inovasi yang dapat diandalkan adalah penggunaan turbin angin Archimedes, yang dirancang untuk memaksimalkan hembusan angin berkecepatan rendah (Herraprastanti, 2023). Turbin angin Archimedes, yang merupakan konsep baru dari HAWT, dirancang berdasarkan Prinsip Spiral Archimedes. Berbeda dengan HAWT tradisional yang hanya memanfaatkan gaya angkat untuk mengonversi energi angin (Herraprastanti, 2023). Desain aerodinamisnya memungkinkan penggunaan di lokasi yang tidak terlalu luas, sehingga sangat cocok untuk wilayah urban atau daerah dengan lahan terbatas (Maulana & Mirza, 2018). Turbin ini diharapkan dapat menjadi solusi yang efisien dan berkelanjutan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia.

Berbagai metode dan jenis turbin angin telah dikembangkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi angin. *Turbin Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)* mampu menghasilkan daya listrik hingga 500W pada kecepatan angin 12 m/s, namun memerlukan menara tinggi dan bilah sepanjang 90 meter yang sulit diangkut (Multazam & Mulkan, 2019). *Turbin Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* menawarkan kelebihan berupa torsi tinggi dan penempatan generator di bawah turbin, tetapi memiliki efisiensi rendah pada kecepatan angin rendah (Mahmuddin

dkk., 2019). Sedangkan, turbin mikro angin cocok untuk kecepatan angin 6 m/s tetapi menghasilkan suara keras (Sumiati & Amri, 2014). Aerofoil merupakan suatu bentuk bodi aerodinamika yang berfungsi memberikan gaya angkat terhadap suatu bodi dengan perhitungan matematis, sehingga dapat diprediksi seberapa besar gaya angkat dan gaya seret/hambat yang dihasilkan aerofoil/sudu pada turbin angin (Resha & Yohanes, 2019). Oleh karena itu turbin angin archimedes dengan desain inovatif mampu menghasilkan daya stabil pada kecepatan angin rendah, meskipun membutuhkan konstruksi menara besar (Sidiq & Trianiza, 2024). Archimedes yang menerapkan bilah dengan aero foil dapat meningkatkan efisiensi energy.

Terdapat beberapa jenis bentuk aero foil: (*Tip region* dan *root region*). Sehingga, inovasi terbaru yang dapat dikembangkan pada turbin angin Archimedes adalah dengan memvariasikan bentuk bilah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerjanya. Tugas akhir ini bermaksud merancang dan membangun turbin angin archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah: tanpa aerofoil, tip region, root region. Turbin yang dirancang dibatasi untuk membangkitkan energy sebesar 20 – 50 W. Desain bilah turbin yang tepat diharapkan mampu mengoptimalkan efisiensi turbin, menjadikannya solusi ideal untuk kebutuhan energi terbarukan di masa depan.

Rancang bangun turbin angin Archimedes dibutuhkan untuk menyediakan solusi yang inovatif, efisien, dan berkelanjutan dalam penggunaan energi angin. Dengan desain yang khas serta manfaat praktisnya, turbin ini mampu mendorong percepatan penggunaan energi terbarukan di berbagai sektor dan tingkat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancang bangun turbin angin Archimedes?
2. Berapa daya yang dihasilkan oleh turbin angin archimedes?
3. Bagaimana bentuk penampang bilah turbin angin archimedes yang memiliki daya listrik tertinggi?

1.3 Batasan Masalah

1. Turbin angin archimedes digunakan untuk merubah energi kinetik menjadi energi listrik.

2. Bilah turbin angin archimedes terbuat dari material komposit epoksi serbuk alam.
3. Turbin angin Archimedes dapat menghasilkan daya 20 – 50 W.

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

1. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan D3 pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Mengaplikasikan ilmu – ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Membuat rancang bangun turbin angin Archimedes.
2. Untuk mengetahui jumlah daya yang dihasilkan oleh turbin angin Archimedes.
3. Untuk mengetahui bentuk bilah turbin angin archimedes yang memiliki efisiensi energy terbaik

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya pada desain dan inovasi Turbin Angin Archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi penelitian lanjutan di bidang energi angin dan teknologi turbin.
2. Menghasilkan desain Turbin Angin Archimedes yang lebih efisien, stabil, dan sesuai untuk kondisi kecepatan angin rendah, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan teknologi energi terbarukan yang lebih inovatif dan ramah lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian terhadap Rancang Bangun Turbin Angin Archimedes dengan Variasi Bentuk Penampang Bilah, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Turbin angin Archimedes berhasil dirancang dengan bilah berbentuk setengah lingkaran dan dibuat dari material resin vinil ester R3314 CM yang dicampur serbuk kayu. Rangka turbin dibuat menggunakan besi siku dan hollow, serta dilengkapi komponen seperti poros, pillow block, generator, charge controller, inverter, baterai, dan voltmeter. Dengan spesifikasi yang didapat yaitu gaya angkat sebesar 52,2 N dan gaya hambat sebesar 31,75 N
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin mampu menghasilkan daya listrik dengan nilai rata-rata berbeda untuk setiap variasi bentuk bilah. Pada kecepatan angin sekitar 3,4 m/s diperoleh Bilah root region menghasilkan rata-rata daya 0,76 Wh dengan tegangan 2,1 V. Bilah tip region menghasilkan rata-rata daya 0,64 Wh dengan tegangan 1,7 V. Bilah tanpa aerofoil menghasilkan rata-rata daya 0,54 Wh dengan tegangan 1,45 V. Kisaran daya turbin berada antara 7–10 Wh.
3. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa bilah dengan bentuk root region memiliki performa paling baik dengan daya tertinggi yaitu 0,76 Wh dengan tegangan 2,1 V, disusul oleh bilah tip region, sedangkan bilah tanpa aerofoil menghasilkan daya terendah.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan dengan judul rancang bangun turbin angin Archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah untuk dapat dikembangkan lagi yaitu:

1. Rancang bangun turbin Archimedes dengan variasi bentuk penampang bilah ini masih terdapat kekurangan, yaitu turbin angin yang dirancang ini tidak dapat menerima angin dari arah belakang dikarenakan frame yang dibuat permanen. Maka dari itu perlu dilakukan pengembangan frame yang dibuat agar tidak permanen agar bilah pada turbin dapat bergerak mengikuti arah angin yang datang dari segala arah. Daya yang dihasilkan turbin angin ini juga tidak dapat mencapai hasil yang diinginkan oleh penulis, dikarenakan generator yang digunakan merupakan generator high voltage yang dimana generator ini membutuhkan ratio putaran yang lebih besar. Maka dapat dilakukan perbaikan untuk penelitian dan pengembangan berikutnya agar dapat ditambahkan transmisi sabuk dan pulley untuk meningkatkan ratio putaran pada generator.
2. Karena bilah dengan bentuk root region terbukti menghasilkan daya tertinggi, maka disarankan untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut terhadap bentuk ini, misalnya dengan memvariasikan sudut serang, ketebalan, atau menggunakan profil aerofoil yang lebih efisien berdasarkan hasil simulasi aerodinamika.
3. Agar turbin ini dapat digunakan secara praktis, sebaiknya dilakukan uji coba pemasangan di lingkungan nyata, seperti di daerah terpencil dengan kecepatan angin rendah. Evaluasi terhadap daya tahan material, stabilitas struktur, dan efisiensi pengisian daya dalam jangka panjang juga penting untuk pengembangan lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Eriksson, S., Bernhoff, H., & Leijon, M. (2008). Evaluation of different turbine concepts for wind power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(5), 1419–1434. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.017>
- Firoozi, A. A., Firoozi, A. A., & Hejazi, F. (2024). Innovations in Wind Turbine Blade Engineering: Exploring Materials, Sustainability, and Market Dynamics. *Sustainability*, 16(19), 8564. <https://doi.org/10.3390/su16198564>
- Ginting, D. (2007). *Sistem Energi Angin Skala Kecil Untuk Pedesaan*. 1.
- Herráez, I., Akay, B., Van Bussel, G. J. W., Peinke, J., & Stoevesandt, B. (2016). Detailed analysis of the blade root flow of a horizontal axis wind turbine. *Wind Energy Science*, 1(2), 89–100. <https://doi.org/10.5194/wes-1-89-2016>
- Herrapristanti, E. H., Rifa'i, M., & Suryanto, H. 2023. Perancangan dan Pembuatan Prototype Turbin Angin Archimedes. *V o l* .
- Kim, K., Ji, H., Kim, Y., Lu, Q., Baek, J., & Mieremet, R. (2014). Experimental and Numerical Study of the Aerodynamic Characteristics of an Archimedes Spiral Wind Turbine Blade. *Energies*, 7(12), 7893–7914. <https://doi.org/10.3390/en7127893>
- Mahmuddin, F., Klara, S., Pawara, M. U., & Akhir, A. Y. (2019). Studi Performa Vertical-Axis Wind Turbine (VAWT) Sebagai Pembangkit Energi Listrik Pada Floating Platform. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 8–16. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v2i1.13079>
- Maryanto, E. (2007). *Kajian Matematis Distribusi Tekanan Pada Airfoil Joukowski*. 10.
- Maulana, M. I., & Mirza, R. (2018). *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Blade pada Turbin Angin Archimedes Spiral*. 8.
- Multazam, T., & Mulkan, A. (2019). Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal Pada Kecepatan Angin Rendah Untuk Meningkatkan Performa

- Permanent Magnet Generator. *Jurnal Serambi Engineering*, 4(2).
<https://doi.org/10.32672/jse.v4i2.1446>
- Ragheb, M. (2017). History of Harnessing Wind Power. Dalam *Wind Energy Engineering* (hlm. 127–143). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809451-8.00007-2>
- Resha, M., & Yohanes, A. (2019). *Effect Of Airfoil Shape On The Aerodynamic Characteristic Of Vertical Rotor Wind Turbines*.
- Sidiq, A. R., & Trianiza, I. T. (2024). Perancangan Turbin Angin Tipe Screw Dengan Menggunakan 3 Sudu Kapasitas 100 Watt. *AL Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(2). <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v9i2.16160>
- Sumiati, R. (2013). *Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran*. 3(2).
- Sumiati, R., & Amri, K. (2014). *Rancang Bangun Micro Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tinggal di Daerah Kecepatan Angin Rendah*.
- Wiharja, U., & Fibrihadi, A. S. (2015). *Studi Pembangkit Listrik Tenaga Angin (BAYU) Sumbu Horisontal*.
- Wulansari, S. M. (2021). *Modifikasi Desain Screw Turbin Dengan Penambahan Fin Sebagai Instrumen Alternatif Pemanfaatan Tenaga Angin Berbasis Simulasi*.