

TUGAS AKHIR

KAJI EXPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU DAN SUDUT SUDU TURBIN ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)



Disusun oleh

BAYU SAPUTRO

1422100111

M.SLAMET

1422100121

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : Bayu Saputro
NBI : 1422100111
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : KAJI EXPERIMEM PENGARUH JUMLAH SUDU
DAN SUDUT SUDU TURBIN ANGIN PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. Supardi, M.Sc.
NPP. 20420.86.0083

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Dr. Ir. Sajiyo, MKes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Edi Santoso, S.T., M.T.
NPP.20420.96.048

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

KAJI EXPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU DAN SUDUT SUDU TURBIN ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik Mesin pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di perguruan tinggi atau instalasi manapun, kecuali bagian yang bersumber dicantumkan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 20 Juli 2025

Bayu Saputro

1422100111



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN

Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bayu Saputro
NBI/ NPM : 1422100111
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Tugas Akhir/ ~~Tesis/ Disertasi/ Laporan~~
Penelitian/Praktek*

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya ***Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)***, atas karya saya yang berjudul :

**KAJI EXPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU DAN SUDUT SUDU
TURBIN ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)**

Dengan ***Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty - Free Right)***, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 18 Juli 2025

Yang Menyatakan,

(Bayu Saputro)

*Coret yang tidak perlu

LEMBAR PERSEMBAHAN

Persembahan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan serta dukungan berbagai pihak, Alhamdulillah sebagai bentuk rasa syukur Allah SWT atas segala nikmatnya, penulis menyampaikan terimakasih dan mempersembahkan karya ilmiah ini untuk:

1. Kepada Ibu Umiati. Selaku ibu penulis, Bapak DRS. Sujoko. M.M, Selaku Ayah penulis, Yuli indraini, S. Farm. Selaku Kakak Penulis, sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga, yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, cinta kasih yang tak terhingga, yang tiada mungkin dapat dibalas hanya dengan selembaar kertas yang bertulisan kata cinta dalam kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ayah maupun ibunda bahagia, karena penulis menyadari selama ini belum bisa berbuat lebih.
2. Bapak Ir. Supardi, M.Sc. selaku dosen pembimbing memberi bimbingan, arahan, motivasi, pengetahuan serta ilmu pada penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat pada waktunya.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya atas pendidikan dan ilmu yang telah diberikan penulis selama ini.
4. Seluruh keluarga besar baik dari pihak ibu maupun ayah yang selalu mendukung penulis baik berupa moril maupun materil dari awal penulis memasuki jenjang perkuliahan sampai selesai.
5. Teman-teman Seperjuangan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Angkatan 2021, yang selalu membantu dan mensupport baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikan laporan ini.
6. Terakhir, karya ini penulis persembahkan untuk diri sendiri, terima kasih telah bersabar dan berjuang untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Ini bukanlah akhir dari semuanya, melainkan awal dari sebuah kesuksesan yang abadi.

“Jangan khawatir tentang kegagalan, khawatirkan tentang peluang yang kamu lewatkan ketika kamu bahkan tidak mencoba.”

- Jack Canfield

“Tidak ada rahasia sukses. Itu adalah hasil dari persiapan, kerja keras, dan belajar dari kegagalan.”

- Colin Powell

ABSTRAK

**KAJI EXPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU DAN SUDUT SUDU
TURBIN ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)**

Penelitian ini berfokus pada eksplorasi potensi energi angin di wilayah pesisir yang dapat dikonversi menjadi sumber energi terbarukan, khususnya tenaga angin. Meskipun potensinya cukup besar, pemanfaatan energi angin untuk pembangkit listrik masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem turbin angin untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan di sepanjang wilayah pesisir, yang berfungsi sebagai sumber listrik alternatif di wilayah tersebut. Dalam penelitian ini, prototipe pembangkit listrik alternatif dirancang untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik menggunakan dua jenis turbin Savonius tipe-U dan turbin angin Savonius vertical wind. Penelitian ini berfokus pada analisis jumlah bilah dan sudut bilah untuk menentukan konfigurasi optimal yang menghasilkan daya keluaran tertinggi. Variasi jumlah bilah yang digunakan pada turbin Savonius tipe-U adalah 2 dan 4, sedangkan turbin angin Savonius vertical wind menggunakan 3 dan 4 bilah. Sudut bilah yang diuji adalah 10° , 15° , dan 20° . Sistem ini dirancang sedemikian rupa sehingga energi angin memutar bilah turbin, yang kemudian memutar poros yang terhubung ke generator untuk menghasilkan listrik. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar putaran poros, sehingga menghasilkan peningkatan pembangkitan listrik.

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga bayu, energi angin, turbin angin, turbin Savonius tipe-U, turbin angin vertical Wind

ABSTRAK

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF NUMBER OF BLADES AND ANGLE OF WIND TURBINE BLADES ON WIND POWER GENERATION (PLTB)

This research focuses on exploring the potential of wind energy in coastal areas that can be converted into renewable energy sources, specifically wind power. Despite its considerable potential, the utilization of wind energy for electricity generation is still limited. Therefore, this research aims to analyze and design a wind turbine system to optimize the utilization of renewable energy along coastal areas, which serves as an alternative electricity source in the region. In this research, a prototype of an alternative power plant is designed to convert kinetic energy into electrical energy using two types of Savonius U-type turbines and Savonius vertical wind turbines. This research focuses on analyzing the number of blades and blade angles to determine the optimal configuration that produces the highest output power. The variations in the number of blades used in the Savonius U-type turbine are 2 and 4, while the Savonius vertical wind turbine uses 3 and 4 blades. The blade angles tested are 10°, 15°, and 20°. This system is designed in such a way that wind energy rotates the turbine blades, which then rotates the shaft connected to the generator to generate electricity. The higher the wind speed, the greater the shaft rotation, resulting in increased electricity generation.

Keywords: *wind power plant, wind energy, wind turbine, type-U Savonius wind turbine, vertical wind turbine.*

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Kaji Experimental Jumlah Sudu Dan Sudut Sudu Turbin Angin Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)” ini dengan baik. Maksud dan tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat yang harus di oenuhi mahasiswa Fakultas Teknik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata 1 di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dibalik keberhasilan penulis dalam Menyusun Proposal Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbaai pihak. Untuk itu pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada yang terhormat

1. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan bantuan material maupun non materil, mendakan memberikan semangat dan dukungan sampai detik ini.
2. Bapak Ir. Supardi. M.Sc. sebagai dosen pembimbing yang telah bersedia untuk meluangkan waktu untuk membimbng dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Edi Santoso, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Seluruh bapak/ibu dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti kegiatan kuliah.
5. Seluruh teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin Untag Surabaya dan banyak pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak memberi support, semangat, bantuan, saran selama menyelsaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata dari penulis, besar harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang memerlukan, walaupun penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan.

Surabaya, 20 Juli 2025

Bayu Saputro
1422100111

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSEMBAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi Angin	5
2.1.1. Kondisi Geografis Surabaya.....	5
2.2 Turbin Angin	7
2.2.1. Turbin Angin Sumbu Vertical.....	7
2.2.2. Turbin Angin Sumbu Horizontal	8
2.3 Macam-Macam Turbin Angin Vertical.....	9
2.3.1. Darieus	9
2.3.2. Giromill	9
2.3.3. Savonius.....	9
2.4 Turbin Angin Savonius.....	10
2.5 Daya Turbin Angin.....	11
2.6 Pengaruh Variasi Sudut Sudu Terhadap Peforma Turbin	13
2.7 Tip Speed Ratio (TSR).....	13
2.8 Daya Generator	14
2.9 Efisiensi Sistem.....	14
2.10 Perhitungan BHP.....	14

BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Penelitian	15
3.2 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>)	16
3.3 Perencanaan Penelitian	17
3.3.1. Mulai	17
3.3.2. Studi Literatur	17
3.3.3. Studi Lapangan	17
3.3.4. Pembuatan Turbin Angin	17
3.3.5. Pengujian Turbin Angin Dengan Variabel	17
3.3.6. Data Hasil Pengujian	18
3.3.7. Analisa Data	18
3.3.8. Kesimpulan	18
3.3.9. Selesai	19
3.4 Alat Uji dan Perlengkapan	19
3.5 Mekanisme Kerja Alat Uji	19
3.6 Peralatan Pengujian	20
3.7 Alat dan Bahan Perancangan	22
3.8 Pelaksanaan Pengujian	23
3.9 Tata Cara Pengujian	23
3.10 Analisis	25
BAB IV ANALISA DATA	27
4.1 Penelitian	28
4.2 Data Hasil Pengujian	28
4.3 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-U (Sudu 10°)	32
4.4 Sudut Pasang Sudu (Pitch)	33
4.5 Tip Speed Ratio (TSR)	34
4.6 Daya Generator	34
4.7 Efisiensi Sistem	34
4.8 Perhitungan Brake House Power (BHP)	35
4.9 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-U (Sudu 15°)	35
4.10 Sudut Pasang Sudu (Pitch)	36
4.11 Tip Speed Ratio (TSR)	36
4.12 Daya Generator	37
4.13 Efisiensi Sistem	37
4.14 Perhitungan Brake House Power (BHP)	37
4.15 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-U (Sudu 20°)	38
4.16 Sudut Pasang Sudu (Pitch)	38
4.17 Tip Speed Ratio (TSR)	39

4.18 Daya Generator	39
4.19 Efisiensi Sistem.....	40
4.20 Perhitungan Brake House Power (BHP)	40
4.21 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-U (Bilah 2)	40
4.22 Sudut Pasang Sudu (Pitch).....	41
4.23 Perhitungan Sudu Terhadap Segitiga Kecepatan.....	42
4.24 <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)	42
4.25 Daya Generator	42
4.26 Efisiensi Sistem.....	43
4.27 Perhitungan Brake House Power (BHP)	43
4.28 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-U (Bilah 4)	43
4.29 Sudut Pasang Sudu (Pitch).....	44
4.30 Perhitungan Sudu Terhadap Segitiga Kecepatan.....	45
4.31 <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)	45
4.32 Daya Generator	45
4.33 Efisiensi Sistem.....	46
4.34 Perhitungan Brake House Power (BHP)	46
4.35 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-Vertikal Wind (Sudu10°) 46	
4.36 Sudut Pasang Sudu (Pitch)	47
4.37 Tip Speed Ratio (TSR).....	48
4.38 Daya Generator	48
4.39 Efisiensi Sistem.....	48
4.40 Perhitungan Brake House Power (BHP)	48
4.41 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-Vertikal Wind(Sudu15°)49	
4.42 Sudut Pasang Sudu (Pitch)	50
4.43 Tip Speed Ratio (TSR).....	50
4.44 Daya Generator	51
4.45 Efisiensi Sistem.....	51
4.46 Perhitungan Brake House Power (BHP)	51
4.47 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-Vertikal Wind(Sudu20°)51	
4.48 Sudut Pasang Sudu (Pitch)	52
4.49 Tip Speed Ratio (TSR).....	53
4.50 Daya Generator	53
4.51 Efisiensi Sistem.....	53
4.52 Perhitungan Brake House Power (BHP)	54
4.53 Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-Vertikal Wind (Bilah 3) 54	
4.54 Sudut Pasang Sudu (Pitch).....	55
4.55 Perhitungan Sudu Terhadap Segitiga Kecepatan.....	55

4.56	<i>Tip Speed Ratio</i> (TSR).....	56
4.57	Daya Generator.....	56
4.58	Efisiensi Sistem	56
4.59	Perhitungan Brake House Power (BHP)	57
4.60	Perhitungan Daya Turbin Angin Savonius Tipe-Vertikal Wind (Bilah 4)....	57
4.61	Sudut Pasang Sudu (Pitch)	58
4.62	Perhitungan Sudu Terhadap Segitiga Kecepatan.....	58
4.63	<i>Tip Speed Ratio</i> (TSR).....	59
4.64	Daya Generator.....	59
4.65	Efisiensi Sistem	59
4.66	Perhitungan Brake House Power (BHP)	60
4.67	Hasil Perhitungan Karakteristik Turbin.....	60
4.68	Grafik Hasil Pengujian Turbin Savonius Type U	62
4.69	Turbin Angin Savonius Tipe Vertikal Wind.....	69
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Citra Satelit Arah Angin di Indonesia.....	6
Gambar 2. 2 Data Kecepatan Angin Rata-Rata.....	6
Gambar 2. 3 Turbin Angin Sumbu Vertical.....	8
Gambar 2. 4 Turbin Angin Sumbu Horizontal	8
Gambar 2. 5 Turbin Angin Vertikal Wind	10
Gambar 2. 6 Tipe Rotor Savonius	10
Gambar 2. 7 Gaya Yang Diterima Oleh Bilah Turbin	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	18
Gambar 3. 2 Alat Uji Prototype.....	23
Gambar 4. 1 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Daya (Watt).....	48
Gambar 4. 2 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Sudut Pasang Sudu	49
Gambar 4. 3 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Tip Speed Ratio (TSR).....	49
Gambar 4. 4 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Efisiensi Sistem	50
Gambar 4. 5 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Daya (Watt).....	51
Gambar 4. 6 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Sudut Pasang Suhu (%)	51
Gambar 4. 7 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Segitiga Kecepatan (m/s).....	52
Gambar 4. 8 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Tips Speed Ratio (TSR).....	53
Gambar 4. 9 Grafik Jenis Bilah U Terhadap Efisiensi Sistem (%)	53
Gambar 4. 10 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Daya (Watt)	54
Gambar 4. 11 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Sudut Pasang Sudu ...	55
Gambar 4. 12 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Tip Speed Ratio (TSR)	55
Gambar 4. 13 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Efisiensi Sistem (%) .	56
Gambar 4. 14 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Daya (Watt)	56
Gambar 4. 15 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Sudut Pasang Sudu (%)	57
Gambar 4. 16 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Segitiga Kecepatan (m/s)).....	57
Gambar 4. 17 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Tip Speed Ratio (TSR)	58
Gambar 4. 18 Grafik Jenis Bilah Vertikal Wind Terhadap Efisiensi Sistem (%)	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variasi Sudut dan Tipe	20
Tabel 3. 2 Pengambilan Data Pengujian	22
Tabel 3. 3 Peralatan Pengujian	24
Tabel 3. 4 Alat dan bahan perancangan alat turbin angin	26
Tabel 4. 1 Data Pengujian Metode Random	31
Tabel 4. 2 Data Pengujian Metode Sample Sesuai Kode	33
Tabel 4. 3 Rata-Rata Data Pengujian.....	35