

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL
TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN
SUDU PENGARAH**



MUHAMMAD BADDLY VASHA

03051281823051

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL
TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN
SUDU PENGARAH**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik**



**OLEH
MUHAMMAD BADDLY VASHA
03051281823051**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL
DENGAN SUDU PENGARAH**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**Oleh:
Muhammad Baddy Vasha
03051281823051**

Inderalaya, Desember 2022

Pembimbing Skripsi,

**Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**



**Irsyadi Yani S. T. M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001**



**Ir. Dyos Santoso, M. T.
NIP. 196012231991021001**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

**NAMA : Muhammad Baddly Vasha
NIM : 03051281823051
JURUSAN : Teknik Mesin
JUDUL SKRIPSI : Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Sudu Pengarah**

**DIBUAT TANGGAL : Februari 2022
SELESAI TANGGAL : Desember 2022**

Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001**

Inderalaya, Desember 2022

Pembimbing Skripsi,



**Ir. Dyos Santoso, M.T
NIP. 196012231991021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “**Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Sudu Pengarah**” telah dipertahankan di hadapan Penguji tim penguji karya tulis ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 15 Desember 2022.

Palembang, Desember 2022

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa skripsi

Ketua :

1. **Prof. Ir. H. Hasan Basri, Ph.D.**
NIP. 195802011984031002

Sekretaris Penguji :

2. **Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T.**
NIP. 199204122022031009

Penguji :

3. **Dr. Dendy Adanta, S.Pd., M.T.**
NIP. 199306052019031016



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112351997021001

Pembimbing Skripsi,



Ir. Dyos Santoso, M.T.
NIP. 196012231991021001

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Baddly Vasha

NIM : 03051281823051

Judul : Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal dengan Sudu Pengarah

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan saya dan untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Desember 2022



Muhammad Baddly Vasha

NIM.03051281823051

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Baddly Vasha

NIM : 03051381722096

Judul : Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal dengan Sudu Pengarah

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Desember 2022



Muhammad Baddly Vasha

NIM.03051281823051

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini. Penulisan proposal Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti seminar pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul ” **Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Sudu Pengarah** ”.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Amir Arifin, S.T, M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Ir. Dyos Santoso, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang juga memberikan ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, dan motivasi-motivasi agar skripsi ini dapat berjalan sesuai dengan semestinya.
4. Ir. Zainal Abidin, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya selama menjalani perkuliahan di jurusan Teknik Mesin.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun ini.
6. Ayah dan ibu yang selalu menjadi pendukung utama dalam segala hal terutama dalam hal materi dan moral.
7. Teman-teman Teknik Mesin 2017, 2018, 2019 Kampus Indralaya yang turut andil dalam membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman di luar kampus yang selalu mendoakan, memberi nasehat, memberi motivasi, dan menyemangati dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini ke depannya akan sangat membantu. Penulis juga berharap dengan diterbitkannya skripsi ini dapat menambah referensi dalam melakukan studi pada turbin angin sumbu vertikal.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Inderalaya, Desember 2022

Muhammad Baddly Vasha

NIM. 03051281823051

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN SUDU PENGARAH

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 29 Desember 2022

Muhammad Baddy Vasha; Dibimbing oleh Ir. Dyos Santoso, M.T

Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Sudu Pengarah

xxv + 45 halaman, 10 tabel, 23 gambar, 2 lampiran

RINGKASAN

Cadangan energi fosil semakin menipis diakibatkan aktivitas manusia serta penggunaan alat yang memakai energi fosil membuat manusia harus memikirkan pilihan alternatif demi keberlangsungan hidup manusia di masa depan. Bahkan terdapat banyak sekali dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat pemakaian energi fosil, maka daripada itu diperlukan pencarian sumber energi baru terbarukan (EBT). Energi baru terbarukan berasal dari hal-hal seperti angin, sinar matahari, dan biogas. Dari beberapa EBT, angin menjadi sumber energi yang dimiliki oleh seluruh negara di dunia. Ini menyebabkan peneliti-peneliti di bidang EBT banyak merekomendasikan sumber angin sebagai energi alternatif. Energi angin merupakan salah satu energi yang berpotensi besar menjadi sumber energi baru terbarukan. Dengan bantuan sistem, energi angin dapat dimanfaatkan untuk merubah energi gerak menjadi energi listrik yang mana angin digunakan sebagai mediana. Pembangkit listrik tenaga angin merupakan pembangkit bebas emisi yang ramah lingkungan, mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Turbin angin adalah alat yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik sehari-hari masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber energi baru terbarukan yaitu angin. Penelitian ini merupakan studi pemanfaatan teknik augmentasi daya terbaru dan efektif untuk turbin angin sumbu vertikal yang dikenal dengan sebutan *pre-swirl augmented*. Teknik augmentasi ini mempergunakan beberapa sudu pengarah dengan profil *airfoil* yang disamping untuk mengatasi torsi negatif yang tercipta pada sudu balik, ia juga dapat meningkatkan kecepatan angin. Studi eksperimental dilakukan pada suatu turbin angin sumbu vertikal yang terdiri dari sudu pengarah dan *rotor* sebagai sudu gerak. *Rotor* adalah tipe *cross-flow*, *lift* dan *drag base*

yang terletak di bagian dalam turbin dan digerakkan untuk berputar oleh aliran angin yang diarahkan dari sudu pengarah. Sudu pengarah mengelilingi *rotor* di luar turbin, membelokkan dan mempercepat aliran angin ke arah putaran *rotor* saat berputar. Jumlah sudu gerak *rotor* menggunakan 3 sudu dengan mengorientasikan sudut sudu 0° , 20° , 25° , 30° , 35° dan 40° . Sedangkan jumlah sudu pengarah bervariasi mulai dari nol (tanpa sudu pengarah), empat, enam, 8 dan 10 dengan orientasi sudut sudu pengarah 30° . Profil sudu yang digunakan baik untuk sudu pengarah pada stator maupun sudu gerak pada *rotor* adalah jenis airfoil pelat melengkung cp-100-050-gn yang telah dimodifikasi sangat sederhana. Pada penelitian ini bertujuan untuk dapat melihat performansi yang terjadi pada turbin angin sumbu vertikal dengan mengorientasi sudut sudu pada *rotor* dan memvariasikan jumlah sudu pengarah. Pengujian dilakukan dengan kecepatan angin yang sudah ditentukan menggunakan kipas angin dengan kecepatan angin rata-rata 4 m per detik. Hasil pengujian mendapatkan bahwa dengan mengorientasi sudut sudu pada *rotor* dan memvariasikan jumlah sudu pengarah dapat meningkatkan koefisien daya pada turbin angin sumbu vertikal. Pada orientasi sudut sudu 25° menghasilkan daya turbin yang lebih tinggi daripada sudut sudu yang lain sebesar 0,17 W walaupun tidak secara signifikan tetapi dengan melakukan variasi sudut sudu pada *rotor* dapat meningkatkan koefisien daya pada turbin. Sedangkan pada variasi jumlah 8 sudu pengarah meningkat 45% lebih besar dibandingkan tanpa sudu pengarah. Pada variasi jumlah 10 sudu pengarah meningkat 27% lebih besar dibandingkan tanpa sudu pengarah. Pada variasi jumlah 6 sudu pengarah meningkat 22% lebih besar tanpa sudu pengarah. Pada variasi jumlah 4 sudu pengarah meningkat 6% lebih besar tanpa sudu pengarah. Dengan demikian peningkatan koefisien daya maksimum diperoleh pada *rotor* dengan jumlah sudu pengarah sama dengan 8. Penggunaan profil sudu yang sangat sederhana ternyata tidak memperoleh kinerja yang baik. *Tip speed ratio* yang dicapai masih relatif kecil, lebih kecil dari satu. Hal ini menandakan bahwa sudu pengarah belum memberikan peningkatan kecepatan yang signifikan sehingga efek *lift* masih sangat rendah. Kerja turbin masih didominasi oleh efek *drag*.

Kata Kunci : TASV, *cross-flow*, sudu pengarah, *airfoil* cp-100-050-gn, *Lift and drag*.

Kepustakaan : 16 (2001-2022)

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY OF VERTICAL AXIS WIND TURBINE WITH GUIDE BLADES

Scientific papers in the form of Thesis, 30 July 2020

Muhammad Baddy Vasha; supervised by Ir. Dyos Santoso, M.T

Experimental Study of Vertical Axis Wind Turbine with Guide Blades

xxv + 45 pages, 10 tables, 23 pictures, 2 attachments

Summary

Fossil energy reserves are dwindling due to human activities and the use of tools that use fossil energy makes people must think about choices for the sake of human survival in the future. There are even a lot of environmental impacts caused using fossil energy, therefore it is necessary to find new renewable energy sources (EBT). New renewable energy comes from things like wind, sunlight, and biogas. From several EBTs, the wind is a source of energy that is owned by all countries in the world. This causes many researchers in the field of EBT to recommend wind sources as alternative energy. Wind energy is one of the energy sources that have great potential to be a new renewable energy source. With the help of the system, wind energy can be utilized to convert motion energy into electrical energy in which wind is used as the medium. Wind power plants are emission-free generators that are environmentally friendly, encouraging the government to continuously increase the role of new and renewable energy as part of maintaining energy security and independence. Wind turbines are tools that can be used to generate electricity. Wind turbines are more widely used to accommodate people's daily electricity needs, using the principle of energy conversion and using a new renewable energy source, namely wind. This experiment is a study on the utilization of the latest and most effective power augmentation technique for vertical axis wind turbines known as pre-swirl augmented. This augmentation technique uses several guide blades with an airfoil profile which in addition to overcoming the negative torque created on the return blade, it can also increase the wind speed. The experimental study was carried out on a vertical-axis wind turbine consisting of a directional blade and a rotor as the moving blade. The rotor is a cross-flow type, lift and drag base which is located inside the turbine and is driven to rotate by a stream of wind directed from the pilot blades. The rudder blades surround the rotor on the

outside of the turbine, diverting and accelerating the wind flow in the direction the rotor is rotating as it rotates. The number of moving blades of the rotor uses 3 blades with oriented angles of 0° , 20° , 25° , 30° , 35° and 40° . While the number of guide blades varies from zero (without guide blades), to four, six, 8, and 10 with a 30° angle orientation of the guide blades. The blade profile used for both the guide blade on the stator and the moving blade on the rotor is a curved plate airfoil type cp-100-050-gn which has been modified very simply. In this study, the aim is to be able to see the performance that occurs in vertical axis wind turbines by orientating the angle of the blades on the rotor and varying the number of guide blades. The test was carried out at a predetermined wind speed using a fan with an average wind speed of 4 m per second. The test results show that orienting the angle of the blades on the rotor and varying the number of guide blades, can increase the power coefficient in vertical axis wind turbines. The blade angle orientation of 25° produces higher turbine power than the other blade angles of 0.17 W although not significantly, but varying the blade angle on the rotor can increase the power coefficient on the turbine. While the variation in the number of 8 guide blades increased by 45% greater than without guide blades. The variation of the number of 10 guide blades increased by 27% greater than without guide blades. In the variation of the number of 6 guide blades, the increase is 22% greater without guide blades. In the variation of the number of 4 guide blades, the increase is 6% greater without guide blades. Thus, the increase in the maximum power coefficient is obtained on the rotor with the number of guide blades equal to 8. The use of a very simple blade profile does not get good performance. The tip speed ratio achieved is still relatively small, less than one. This indicates that the guide blade has not provided a significant increase in speed so that the lift effect is still very low. Turbine work is still dominated by the drag effect.

Keywords : VAWT, cross-flow, guide blades, airfoil cp-100-050-gn, Lift and drag.

Citations : 16 (2001-2022)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvii
DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Turbin Angin.....	6
2.2.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH).....	8
2.2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV).....	9
2.3 Turbin Angin Sumbu Vertikal Zephyr.....	11
2.4 Turbin Betz.....	12
2.5 Turbin Angin Sumbu Vertikal Pre-Swirl Augmented	17
2.6 <i>Airfoil</i>	20
2.7 Jumlah Sudu	21
2.8 Parameter Turbin Angin.....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian.....	25

3.2	Diagram Alir Penelitian	25
3.3	Kondisi Batas Pengujian	26
3.4	Skematik Turbin Angin Sumbu Vertikal	26
3.4.1	Diemensi Utama Rotor	27
3.4.2	Sudu gerak dan sudu pengarah	27
3.5	Variasi Pengujian	29
3.6	Alat Ukur.....	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil	31
4.1.1	Potensi Energi Angin.....	31
4.1.2	Hasil Pengujian Turbin Angin dengan 4 sudu Pengarah.....	31
4.2	Pembahasan.....	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gaya keliling terhadap orientasi sudut pada <i>rotor</i>	2
Gambar 1.2 Hubungan daya turbin dan putaran.....	3
Gambar 2.1 Jenis-jenis turbin angin.....	7
Gambar 2.2 Variasi jumlah pada TASH	8
Gambar 2.3 Turbin angin sumbu vertikal	9
Gambar 2.4 Prototipe turbin angin sumbu vertikal dan variabel geometri	11
Gambar 2.5 <i>Rotor</i> 2-D dan <i>stator</i> sub domain sekitarnya.....	12
Gambar 2.6 Analisis kinerja ideal turbin angin.....	13
Gambar 2.7 Kecepatan aliran rata-rata dan profil tekanan pada turbin.....	14
Gambar 2.8 Hubungan koefisien daya pada turbin pada variasi tipe	16
Gambar 2.9 Hubungan kecepatan aliran terhadap <i>thrust</i>	16
Gambar 2.10 Bentuk turbin angin sumbu vertikal <i>pre-swirl augmented</i>	17
Gambar 2.11 Bentuk skematik antara bilah <i>stator</i> dan bilah <i>rotor</i>	18
Gambar 2.12 Bentuk dari segitiga kecepatan pada turbin angin vertikal.....	19
Gambar 2.13 Skematik <i>airfoil</i>	20
Gambar 2.14 TASV dengan 3 bilah <i>rotor</i> dan 8 bilah <i>stator</i>	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2 Skematik dan tampak atas alat pengujian.....	26
Gambar 3.3 Profil <i>airfoil</i> pelat melengkung	28
Gambar 4.1 Hubungan P_T terhadap putaran (rpm) tanpa menggunakan sudu pengarah	37
Gambar 4.2 Hubungan P_T (W) terhadap putaran (RPM) dengan sudu pengarah	38
Gambar 4.3 Hubungan C_P terhadap TSR menggunakan sudu pengarah.....	39
Gambar 4.4 Hubungan P_T terhadap TSR menggunakan sudu pengarah.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian turbin angin dengan orientasi sudut sudu gerak 0°	33
Tabel 4.2 Hasil pengujian turbin angin dengan orientasi sudut sudu gerak 20°	33
Table 4.3 Hasil pengujian turbin angin dengan orientasi sudut sudu gerak 25°	33
Table 4.4 Hasil pengujian turbin angin dengan orientasi sudut sudu gerak 30°	34
Table 4.5 Hasil pengujian turbin angin dengan orientasi sudut sudu gerak 35°	34
Table 4.6 Hasil pengujian turbin angin dengan orientasi sudut sudu gerak 40°	34
Table 4.7 Hasil pengujian turbin angin dengan 4 sudu pengarah	35
Tabel 4.8 Hasil pengujian turbin angin dengan 6 sudu pengarah	35
Tabel 4.9 Hasil pengujian turbin angin dengan 8 sudu pengarah	36
Tabel 4.10 Hasil pengujian turbin angin dengan 10 sudu pengarah	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	45
Lampiran 2	46

BAB 1

PENDAHULUAN

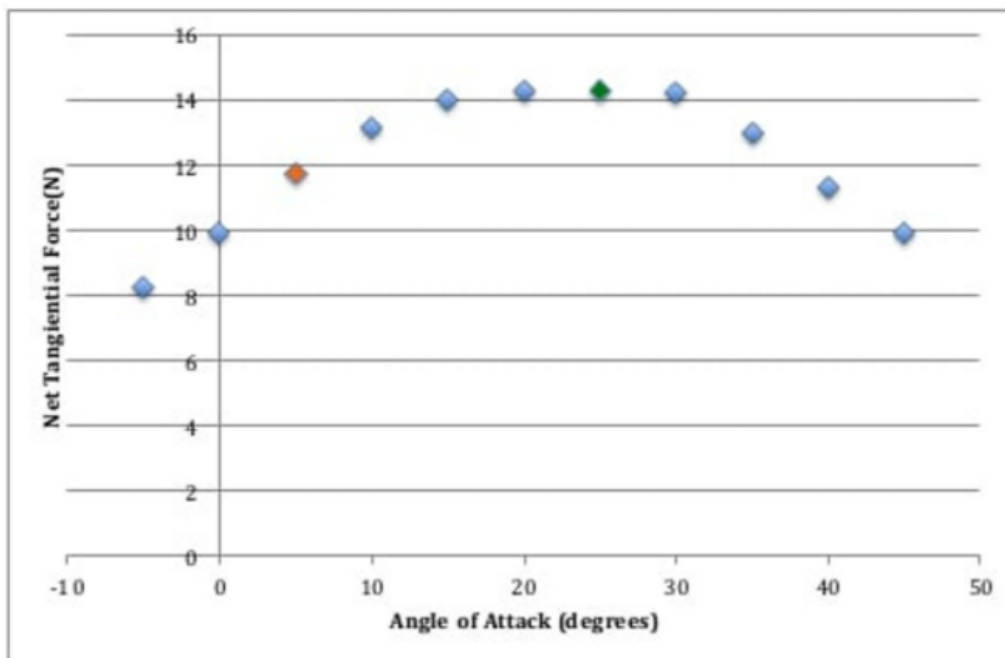
1.1 Latar Belakang

Cadangan energi fosil pada sedang menipis diakibatkan aktivitas manusia serta penggunaan mesin-mesin yang menggunakan energi fosil membuat manusia harus memikirkan pilihan alternatif demi keberlangsungan hidup manusia di masa depan. Bahkan terdapat banyak sekali dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat pemakaian energi fosil, maka daripada itu diperlukan pencarian sumber energi baru terbarukan (EBT). Energi terbarukan berasal dari hal-hal seperti angin, sinar matahari, dan biogas. Ramah lingkungan dan tidak merusak lingkungan.

Dari beberapa energi yang tersedia, angin dapat menjadi sumber energi yang dapat dimiliki setiap orang. Artinya, banyak peneliti di bidang EBT (energi baru terbarukan) percaya bahwa angin adalah pilihan yang sangat baik untuk energi terbarukan. Dengan bantuan sistem tersebut, angin Energi dapat diubah menjadi bentuk listrik dan digunakan untuk melakukan hal-hal seperti menyalakan benda-benda seperti lampu dan komputer. Pembangkit listrik tenaga angin tidak menghasilkan emisi apa pun, jadi ramah lingkungan. Artinya, pemerintah dapat mengandalkan mereka untuk menyediakan banyak energi di masa depan, yang penting untuk menjaga ketahanan dan kemandirian energi negara. Pemerintah ingin mendapatkan lebih banyak listrik dari sumber energi baru terbarukan pada tahun 2025 sampai 2050 (KESDM, 2019).

Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) salah satu solusi alat yang bisa memanfaatkan angin untuk mengubah listrik menjadi energi. Turbin memiliki bilah pada *stator* (yang menjadi arah angin menuju sudu gerak) dan *rotor*. Bilah pada *stator* membantu menciptakan banyak gaya yang masuk ke *rotor*, yang kemudian menghasilkan energi untuk menggerakkan mesin. Berdasarkan penelitian tersebut bahwa dengan menggunakan *pre-swirl augmented* dapat meningkatkan koefisien daya turbin. Oleh karena itu peneliti menggunakan *pre-swirl augmented* dengan mengubah sudut sudu pada bagian *stator* untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

Dr. Gecheng Zha telah menemukan desain turbin angin sumbu vertikal yang menggunakan *stator* pra-putaran. Penelitian ini akan menggunakan variasi orientasi sudut *rotor* 6° dan 25° . Pengujian menunjukkan bahwa pra-putaran *stator* dapat membuat turbin angin sumbu vertikal lebih efisien. Peningkatan efisiensi ini sebesar 57,15% dibandingkan desain dasar. Efisiensi aerodinamis dari desain turbin angin yang dioptimalkan lebih besar daripada turbin angin berukuran serupa yang tersedia saat ini mesin ini dapat membuat lebih banyak energi daripada turbin angin yang ada saat ini. Ini adalah opsi paling efisien dan hemat biaya yang tersedia (Zha dan Dano, 2016).

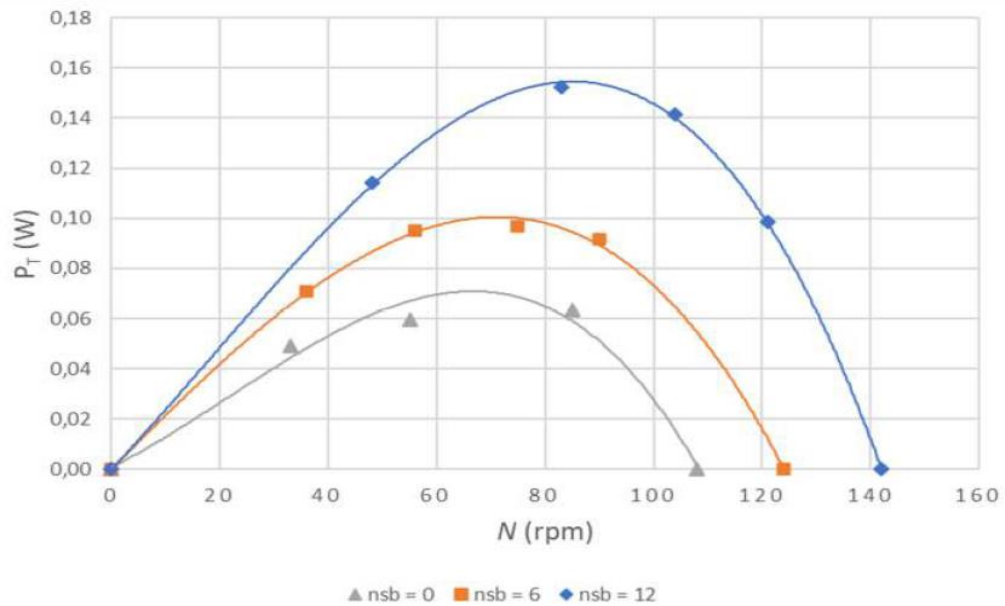


Gambar 1.1 Gaya keliling terhadap orientasi sudut pada *rotor*

Titik data oranye menunjukkan titik data sudut serangan awal, titik data hijau menunjukkan sudut serangan ideal dan titik data biru menunjukkan hasil dari CDC. Dengan mengoptimalkan sudut serang pada bilah turbin angin, ditentukan bahwa koefisien daya turbin dapat ditingkatkan. Hal ini membuktikan bahwa sudut serang pada sudu kincir angin mempengaruhi gaya tangensial yang ditimbulkan pada kincir angin (Zha dan Dano, 2016).

Melakukan penelitian terhadap turbin angin sumbu vertikal dengan *pre-Swirl Augmented*. Turbin ini menggunakan 5 sudu gerak dengan orientasi sudut

sudu 15° pada *rotor* dan variasi pada jumlah sudu pengarah 0, 6 dan 12 dengan orientasi sudut sudu 20° pada *stator*. Profil sudu menggunakan airfoil cp 160-050-gn (modifikasi). Dengan diameter *rotor* 320 mm dan tinggi *rotor* 352 mm. Sedangkan diameter dalam *stator* 340 mm dan diameter luar *stator* 460 mm dengan tinggi *stator* 352 mm (Santoso dan Ervega, 2022).



Gambar 1.2 Hubungan daya turbin dan putaran

Dari hasil pengujian, pada kecepatan angin 4 m/s. Daya yang dibangkitkan tanpa menggunakan sudu pengarah hanya menghasilkan daya sebesar 0,063 W. Pada penelitian menggunakan jumlah variasi 6 sudu pengarah menghasilkan daya sebesar 0,096 W. Pada penelitian menggunakan jumlah variasi 12 sudu pengarah menghasilkan daya sebesar 0,152 W. Berdasarkan hasil yang didapatkan. Dengan menggunakan *stator* dalam desain turbin angin sumbu vertikal dapat meningkatkan efisiensi turbin angin.

1.2 Rumusan Masalah

Kecepatan angin sangat mempengaruhi koefisien daya turbin dikarenakan dalam daya angin kecepatan angin sama dengan pangkat tiga. Oleh karena itu menggunakan sudu pengarah untuk menciptakan pusaran angin dengan kecepatan angin meningkat ke arah putaran maka performansi pada daya angin

meningkat sehingga dapat meningkatkan performansi pada koefisien daya, dan koefisien turbin.

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini antara lain :

1. *Rotor* menggunakan 3 sudu gerak dengan orientasi sudut sudu 0° , 20° , 25° , 30° , 35° dan 40° .
2. Sudu Pengarah menggunakan orientasi sudut sudu 30° dengan memvariasikan jumlah 0, 4, 6, 8 dan 10 sudu pengarah.
3. Sudu gerak dan sudu pengarah menggunakan *airfoil* cp-160-50-gn (modifikasi).
4. Pengujian dilakukan di ruangan terbuka menggunakan kipas angin sebagai aliran udara dengan kecepatan angin 4 m/s.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performansi yang terjadi pada turbin angin sumbu vertikal. Disamping itu penelitian ini juga melakukan orientasi sudut sudu gerak dan pengaruh jumlah sudu pengarah terhadap performansi turbin untuk mendapatkan besarnya koefisien daya yang dapat dihasilkan oleh turbin.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil studi ini melihat efek dari sudu pengarah yang berbeda pada turbin angin. Informasi ini dapat membantu perancang memutuskan jenis sudu mana yang terbaik untuk turbin tertentu.
2. Penelitian ini dapat digunakan untuk membantu penelitian masa depan tentang turbin angin, terutama yang berkaitan dengan sumbu vertikal.

DAFTAR PUSTAKA

- Buana, C., Yusuf Yunus, M., Rinaldi Pratama dan Muh Saqib Nurfaizi, M. 2017. Uji Experimental Model Turbin Hybrid Savonius Bertingkat Dan Darrieus Tipe H Rotor.
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., dan Bossanyi, E. 2001. Wind Energy.
- Cengel, Y. A., dan Boles, M. A. 2015. Thermodynamics: An Engineering Approach (8th ed.).
- KESDM. 2019. Retrieved from <https://www.esdm.go.id/>.
- Kumar, P. M., Sivalingam, K., Lim, T. C., Ramakrishna, S., dan Wei, H. 2019. Review on the Evolution of Darrieus Vertical Axis Wind Turbine: Large Wind Turbines. In Clean Technologies (Vol. 1, Issue 1, pp. 205–223). MDPI. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol1010014>.
- Letcher, T. M. 2017. Wind Energy Engineering.
- Musaruddin, M., Rachman, A., Hasbi, M., Hijau, K., dan Tridarma. 2015. Penjelasan Ekspansi Aliran Yang Menyebabkan The Betz Limit Dengan Menggunakan Model Disk Theory.
- Nakhoda, Y. I., dan Saleh, C. 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai.
- Pope, K., Rodrigues, V., Doyle, R., Tsopelas, A., Gravelins, R., Naterer, G. F., dan Tsang, E. 2010. Effects Of Stator Vanes On Power Coefficients Of A Zephyr Vertical Axis Wind Turbine. Renewable Energy, 35(5), 1043–1051. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.10.012>.
- Pranta, M. H., Rabbi, M. S., dan Roshid, M. M. 2021. A computational study on the aerodynamic performance of modified savonius wind turbine. Results in Engineering, 10. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100237>.
- Sahid, A. R., Gatot, F., Fatowil, N., dan Sudarto, J. H. 2021. Model Turbin Angin Darrieus Sudu Ganda (Vol. 2). <http://www.bmkg.go.id>.
- Santoso, D., dan Ervega, F. A. 2022. Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Pre-Swirl Augmented.

- Suprpto, M., dan Banjarmasin, K. 2016. Analisis Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan 4, 6 Dan 8 Sudu. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 02(01).
- Sutherland, H. J., Berg, D. E., dan Ashwill, T. D. 2012. SANDIA REPORT A Retrospective Of VAWT Technology. <http://www.ntis.gov/help/ordermethods.asp?loc=7-4>.
- Sutrisna, F. 2011. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Retrieved from <https://indonesia.wordpress.com/>.
- Zha, G., dan Dano, B. 2016. Vertical Axis Wind Turbine (Patent No. US 9,284,943 B2).