ANALISIS PENGARUH PANJANG SUDU TURBIN PADA PROTOTIPE PLTB SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS TERHADAP DAYA KELUARAN

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH

DEDEN PALUTRA

03041181621002

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PANJANG SUDU TURBIN PADA PROTOTIPE PLTB SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS TERHADAP DAYA KELUARAN

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

DEDEN PALUTRA

03041181621002

Indralaya, April 2020

Mengetahui,	**Menyetujui,**
Ketua Jurusan Teknik Elektro	**Pembimbing Utama**
Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.	**Hermawati, S.T., M.T.**
NIP : 197108141999031005	**NIP : 197708102001122001**

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Deden Palutra
NIM : 03041181621002
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul "Analisis Pengaruh Panjang Sudu Turbin pada Prototipe PLTB Sumbu Vertikal Jenis Savonius Terhadap Daya Keluaran" merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

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

Palembang, April 2020

Deden Palutra

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Pengaruh Panjang Sudu Turbin pada Prototipe PLTB Sumbu Vertikal Jenis Savonius Terhadap Daya Keluaran”. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasullullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis tersayang, Sirotol Mustakim dan Dewi Nurmala, yang telah memberikan dukungan penuh, motivasi dan beasiswa selama proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasihat dan bantuan kepada penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Hairul Alwani, H.A, M.T , Bapak Ir. Armin Sofijan, M.T , Ibu Hj. Ike Bayusari, S.T.,M.T, Ibu Caroline, S.T., M.T dan Ibu Rahmawati, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberi ilmu, bimbingan, motivasi dan arahan selama pengerjaan skripsi.
6. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu yang Insya Allah Bermanfaat dan Staf Jurusan Teknik Elektro Unsri Bu Diah, Kak Slamet, kak Ruslan yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
7. Saudara penulis Radona yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam menjalani perkuliahan dari awal sampai selesai.

8. Saudara sepupu penulis Aldi Dwi Alfahrizi yang telah membantu penulis membuat prototipe dengan susah payah dan penuh perjuangan.
9. Keluarga penulis : Nenek Merhani, Sok Elidiana, Sok Alimin, Manda dan Ayuk Pita yang tidak pernah lelah mendoakan dan membantu penulis.
10. Kak Abeng Yogta yang telah memberikan saran masukan dan bantuan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Sahabat - sahabatku Abid, Ilham, Marwan, Nurhadi, Pebri, Udin, Yanto, Rio, Wahyudi, Ade, Akbar dan Recko yang memiliki peran dan kenangan masing - masing di hati penulis dan semoga kalian cepat ST.
12. Untuk jodohku yang saat ini aku yakin kita sedang saling mendoakan dan memperbaiki diri sampai pada waktu nya Allah SWT akan mempertemukan kita pada waktu, tempat dan perasaan yang tepat.
13. Rekan – rekan tercinta dan tersayang mahasiswa teknik elektro Universitas Sriwijaya angkatan 2016 kalian sangat luar biasa walaupun dalam pandemi ini tapi kalian masih berjuang untuk meyelesaikan apa yang sudah dimulai.
14. Rekan mahasiswa teknik elektro Universitas Sriwijaya angkatan 2017.
15. Rekan mahasiswa teknik elektro Universitas Sriwijaya angkatan 2018

Penulis menyadari dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan penulis.

Palembang, April 2020

Deden Palutra

NIM.03041181621002

KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Deden Palutra
Nim : 03041181621002
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISIS PENGARUH PANJANG SUDU TURBIN PADA PROTOTIPE PLTB SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS TERHADAP DAYA KELUARAN

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/ formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya
Pada Tanggal : 20 April 2020
Yang menyatakan,

Deden Palutra

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PANJANG SUDU TURBIN PADA PROTOTIPE PLTB SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS TERHADAP DAYA KELUARAN

(Deden Palutra, 03041181621002, 2020, 33 halaman)

Kebutuhan akan energi listrik yang terus menerus semakin meningkat seiring kemajuan teknologi dan bertambahnya populasi manusia. Namun bahan bakar pembangkit listrik masih menggunakan energi fosil. Untuk itu diperlukan sumber daya energi terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan energi tersebut namun lebih ramah terhadap lingkungan. Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Pembangkit ini mengkonversi energi dari mekanik menjadi energi listrik. Mengingat kondisi angin di Indonesia yang relatif rendah PLTB jenis vertikal diklaim mampu berputar dalam kondisi angin tersebut. Pada penelitian ini penulis merancang dan membuat prototipe dari pada PLTB vertikal serta memvariasikan panjang sudu turbin tersebut. Pengujian prototipe ini menggunakan kecepatan angin yaitu 2 m/s – 4 m/s berasal dari sumber buatan. Pada pengujian prototipe ini menggunakan 6 sudu dengan panjang sudu 30 cm, 35 cm, dan 40 cm. Hasil pengukuran output tegangan dan arus menggunakan multimeter berdasarkan hasil pengujian dengan jumlah 6 sudu dengan panjang sudu paling besar 40 cm menghasilkan daya paling tinggi pada kecepatan 4 m/s sebesar 0,2520 watt sedangkan pengujian dengan panjang sudu paling kecil 30 cm pada kecepatan angin 2 m/s menghasilkan daya sebesar 0,0162 watt

Kata kunci: **PLTB, Turbin Angin Savonius.**

Indralaya, April 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Hermawati, S.T., M.T.
NIP : 197708102001122001

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE BLADE'S HIGH EFFECT OF THE PROTOTYPE SAVONIUS WIND POWER PLANT AGAINST THE OUTPUT POWER

(Deden Palutra, 03041181621002, 2020, 33 pages)

The need for continuous electrical energy is increasing as technology advances and human populations increase. But fuel generation still uses fossil energy. For that it is necessary renewable energy resources that can meet the needs of these energies but more environmentally friendly. Wind Power Plant (PLTB). This power plant converts energy from mechanical to electrical energy. Considering the condition of wind in Indonesia relatively low, vertical wind power plant claimed to be able to spin in the condition of the wind. In this research the authors designed and prototype from the vertical power plant and vary the length of the turbine's blade. Testing this prototype using wind speeds of 2 m/s – 4 m/s came from artificial sources. In testing this prototype used 6 blade with blade's length of 30 cm, 35 cm, and 40 cm. The results of the measurement output voltage and the current using multimeter based on the test results with the number of 6 blade with the length of the large blade 40 cm produces the highest power at 4 m/s speed of 0,2520 watts while testing with a blade's length of the least 30 cm at wind speed 2 m/s generating power of 0,0162 watts.

Key words:Wind Power Plant (* PLTB *), Savonius Wind Turbine.

Indralaya, April 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Hermawati, S.T., M.T.
NIP : 197708102001122001

TENTANG PENULIS

Deden Palutra adalah nama dari penulis skripsi ini. Penulis lahir dari pasangan Bapak Sirotol Mustakin dan Ibu Dewi Nurmala sebagai anak kedua dari dua orang saudara. Penulis dilahirkan di desa Lumpatan Kecamatan Sekayu Kabupaten Musi Banyuasin. Walaupun penulis tinggal di desa Lumpatan tapi penulis bersekolah di kota Sekayu. Penulis pada awalnya menempuh pendidikan di TK Pembina selama 2 tahun, kemudian di SDN 3 Sekayu, lalu SMAN 2 Sekayu, hingga pada akhirnya penulis diberi kesempatan oleh Allah SWT untuk menempuh masa kuliah di Teknik Elektro Universitas Sriwijaya pada tahun 2016 lewat jalur SNMPTN.

Penulisan skripsi ini dibuat di tengah – tengah pandemi yaitu **Coronavirus (COVID-19)** hingga pada saat skripsi ini selesai di buat wabah ini masih berlangsung. Semoga teman – teman yang lainnya diberi kesehatan, kelancaran dan kemudahan untuk menyelesaikan skripsi – skripsi nya masing – masing.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar – besarnya atas terselesaiakannya skripsi ini. Semoga para pembaca dapat mengambil manfaat dari skripsi ini.

MOTTO

Seutama-utama manusia ialah seorang mukmin yang berilmu. Jika ia dibutuhkan, maka ia menberi manfaat. Dan jika ia tidak dibutuhkan maka ia dapat memberi manfaat pada dirinya sendiri.

(HR. Al-Baihaqi)

Memang kita tidak dapat berlari seperti orang lain tapi kita masih dapat berjalan sampai ke akhir.

(PALUTRA 20 APRIL 2020)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR GRAFIK xiii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR RUMUS xv

BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Energi Terbarukan 5
2.2 Angin 5
2.2.1 Jenis – jenis Angin 6
2.3 Skala Beaufort 7
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu 8
2.5 Faktor Yang Diperlukan Dalam Perencanaan PLTB 9
2.5.1 Pemilihan Tempat Pemasangan 9
2.6 Turbin Angin 10
2.6.1 Turbin Horizontal 11
2.6.2 TurbinVertikal 11
2.6.2.1 Turbin Angin Savonius 12
2.6.2.1 Turbin Angin Darrieus 13
2.7 Teori Momentum Betz 14
2.8 Generator 15

BAB III 17
METODOLOGI PENELITIAN 17
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 17
3.2 Peralatan dan Bahan 17
3.3 Umum 18
3.4 Desain Prototipe Turbin Vertikal Savonius 18
3.5 Komposisi Komposit 20
3.6 Diagram Alir 21
3.7 Tahapan Penelitian 23
3.8 Rangkaian Pengukuran 23

BAB IV 25
HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Umum 25
4.2 Pengujian Tanpa Beban 25
4.3 Pengujian Dengan Beban 26
4.4 Perhitungan Data 27
4.4.1 Daya Maksimum Pada Angin 27
4.4.2 Daya Listrik 27
4.5 Analisis dan Pembahasan 28
4.5.1 Hubungan Panjang Sudu dan Rpm 28
4.5.2 Hubungan Panjang Sudu dan Tegangan 29
4.5.3 Hubungan Panjang Sudu dan Daya 30
4.6 Pengambilan Data Kecepatan Angin di Alam 31

BAB V 33
PENUTUP 33
5.1 Kesimpulan 33
5.2 Saran 33

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema PLTB 9
Gambar 2.2 Turbin Sumbu Horizontal 11
Gambar 2.3 Turbin Sumbu Vertikal 12
Gambar 2.4 Turbin Angin Savonius 13
Gambar 2.5 Turbin Angin Darrieus 14
Gambar 3.1 Desain Prototipe Turbin Vertikal Savonius 19
Gambar 3.2 Diagram Alir 21
Gambar 3.3 Rangkaian Pengukuran Tegangan Tanpa Beban 23
Gambar 3.4 Rangkaian Pengukuran Tegangan Dengan Beban 23
Gambar 3.5 Rangkaian Pengukuran Arus Dengan Beban 24
Gambar 4.1 Prototipe Turbin Savonius 25

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan panjang sudu dan rpm 28
Grafik 4.2 Hubungan panjang sudu dan tegangan 29
Grafik 4.3 Hubungan panjang sudu dan daya 30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Beaufort 7
Tabel 3.1 Tabel Jadwal Penelitian 17
Tabel 3.2 Alat dan Bahan 17
Tabel 3.3 Komposisi komposit 20
Tabel 4.1 Pengujian tanpa beban 26
Tabel 4.2 Pengujian dengan beban..... 26
Tabel 4.3 Kecepatan angin di alam hari 1 dan 2..... 31
Tabel 4.4 Kecepatan angin di alam hari 3 dan 4..... 32
Tabel 4.5 Kecepatan angin di alam hari 5 dan 6..... 32

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 15
Rumus 2.2 15
Rumus 2.3 16

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya permintaan energi listrik ini yang beriringan dengan kemajuan teknologi serta populasi manusia yang terus – menerus mengalami peningkatan. Hal ini membuat ketersediaan akan energi tak terbarukan yang dipakai sebagai bahan bakar pembangkit mengalami krisis [1].

Energi tak terbarukan saat ini masih menjadi pilihan utama untuk sumber dari pada bahan bakar pembangkit – pembangkit yang ada di Indonesia. Namun energi tak terbarukan tentunya mengalami keterbatasan karena tidak dapat diperbarui dengan proses yang cepat dan singkat serta berdampak terhadap lingkungan. Untuk mengatasi hal ini diperlukan energi alternatif yang dapat menggantikan energi tak terbarukan tersebut dan tentunya lebih ramah terhadap lingkungan sekitar. Salah satu energi tersebut yang dapat kita manfaatkan adalah energi angin [2].

Mengingat potensi energi angin yang masih rendah dan tidak merata yaitu berkisar antara 2,5 m/s – 5 m/s menurut survei LAPAN [3] sehingga pemasangan PLTB horizontal hanya dapat diterapkan untuk daerah – daerah tertentu yang memiliki kecepatan angin yang relatif lebih tinggi seperti NTT, NTB, Sulawesi dan daerah timur lainnya. Dalam kondisi seperti ini, PLTB yang cocok diterapkan di wilayah Indonesia yang kecepatan anginnya relatif rendah adalah PLTB sumbu vertikal yang dapat berputar pada kondisi kecepatan angin tersebut.

Dengan menyadari adanya potensi energi angin di Sumatera Selatan yaitu kecepatan angin berkisar 1 – 4,3 m/s pada data tahun 2018, maka energi yang dapat kita manfaatkan adalah angin atau dalam hal ini PLTB. Besar kecilnya potensi energi angin suatu daerah ditentukan oleh karakteristik daerah tersebut [4].

Sebelumnya telah banyak penelitian tentang turbin vertikal antara lain, pada penelitian Siregar [5] dengan menggunakan panjang sudu 44 cm serta memiliki jumlah 2 sudu menghasilkan daya pada kecepatan 4 m/s sebesar ± 5,66 watt.

Sedangkan pada penelitian Haqiqi [6] dengan menggunakan panjang sudu 36 cm serta memiliki jumlah 2 sudu menghasilkan daya pada kecepatan 4 m/s sebesar ± 0,5 watt. Pada penelitian Khousik [7] dengan menggunakan panjang sudu 25,5 cm serta memiliki jumlah 2 sudu menghasilkan daya pada kecepatan 4 m/s sebesar ± 0,27 watt. Ini berarti panjang pada sudu memiliki pengaruh terhadap nilai daya yang dihasilkan.

Pada penelitian Zheng [8] menggunakan 3 variasi sudu antara lain 3, 5, dan 6. Pada jumlah sudu ke 6 menghasilkan torsi rata – rata yang paling tinggi dari 2 variasi yang lainnya yaitu 178,51 Nm. Ini artinya membuat kincir untuk berputar dari keadaan diam semakin besar. Pada penelitian Nuris [9] mengenai pengaruh kemiringan sudut *blade* pada turbin savonius dengan menggunakan variasi sudut 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, dan 150°. Dari hasil perhitungan ketika berada pada sudut kemiringan 30° turbin memiliki performa paling baik dari variasi sudut lainnya dengan menghasilkan daya maksimum 9,237 watt.

Pada penelitian Satria [10] menggunakan kincir vertikal dengan bahan sudu dari *PVC*. Namun bahan ini cenderung lebih berat sehingga mempengaruhi kecepatan turbin kurang optimal. Pergantian bahan sudu, menambah sudu dan memvariasikan panjang sudu diharapkan akan membuat prototipe ini lebih baik dari penelitian sebelumnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang telah dijelaskan bahwa turbin vertikal lebih diuntungkan untuk kecepatan angin yang rendah serta dari saran penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini penulis akan mengganti bahan sudu dengan komposit serta memvariasikan panjang sudu kincir dengan tujuan ingin menganalisis pengaruhnya terhadap kinerja prototipe tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari perumusan masalah diatas, berikut tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Merancang dan membuat prototipe kincir angin sumbu vertikal jenis savonius.
2. Menganalisis apakah variasi panjang sudu kincir mempengaruhi nilai daya keluaran yang dapat dihasilkan oleh prototipe kincir angin sumbu vertikal jenis savonius.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini yang digunakan agar proses dari penelitian lebih terarah adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan kecepatan angin berasal dari sumber angin buatan.
2. Penulis hanya mencari daya yang dihasilkan oleh prototipe turbin vertikal jenis savonius.
3. Penulis tidak membahas perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada sudu turbin.
4. Kecepatan angin yang digunakan 2m/s – 4m/s pada saat pengujian.
5. Penulis hanya mengukur tegangan AC, RPM dan arus AC pada prototipe.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas teori dasar dari skripsi dan data yang akan mendukung dalam melakukan penelitian berdasarkan literatur yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang metode yang akan digunakan oleh penulis untuk proses pengujian, waktu pelaksanaan, tempat pelaksanaan, serta tahapan pengerjaan dari pada tugas akhir ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan akan hasil yang sudah didapatkan pada saat pengujian berlangsung serta pengolahan data yang didapat dan analisisnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil percobaan yang dilakukan serta saran untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Perwita and W. Banar, "A Technical Review of Building Integrated Wind Turbine System and a Sample Simulation Model in Central Java , Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 47, pp. 29–36, 2014.

[2] P. T. Lentera, A. Nusantara, L. A. N. Ciheras, A. Bachtiar, and W. Hayattul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin," vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.

[3] A. Dewita, "Pemanfaatan wrf-arw untuk simulasi potensi angin sebagai sumber energi di teluk bone," vol. 05, no. 02, pp. 17–23, 2015.

[4] R. SITHA, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DI KELURAHAN SEI LAIS KOTA PALEMBANG," 2017.

[5] A. M. Siregar and C. A. Siregar, "Reliability test prototype wind turbine savonius type helical as an alternative electricity generator," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 674, no. 1, 2019.

[6] M. H. Haqqqi, G. Nugroho, S. T. Mt, and A. Musyafa, "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Jumlah Blade Terintegrasi Circular Shield untuk Memperoleh Daya Maksimum," vol. 7, no. 7, pp. 1–6, 2013.

[7] M. M. Koushik, "Design and Fabrication of Small VAWT for Turbine Tree using PVC Blades," no. June, 2018.

[8] M. Zheng, Y. Li, H. Teng, J. Hu, Z. Tian, and Y. Zhao, "Effect of blade number on performance of drag type vertical axis wind turbine," *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 52, no. 4, pp. 315–320, 2016.

[9] Nuris, "STUDI NUMERIK PENGARUH SUDUT BLADE TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA TURBIN SAVONIUS SUMBU VERTIKAL TIPE-L NUMERICAL STUDY OF BLADE ANGEL INFLUENCE TO THE FLUID FLOW CHARACTERISTIC OF SAVONIUS TURBINE IN VERTICAL AXIS TYPE-L," 2016.

[10] S. P. Wijaya, "DESAIN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN KINCIR ANGIN POROS VERTIKAL MODEL WePOWER DI," 2018.

[11] M. Azhar and D. A. Satriawan, “Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional,” vol. 1, no. November, pp. 398–412, 2018.

[12] Need, *Energy From the Wind Introduction to Wind*. manassas: The Need Project, 2013.

[13] Muhammad Iqbal, “Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin berkapasitas 100 watt,” Universitas Islam Indonesia, 2018.

[14] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, “STUDY OF WIND ENERGY POTENCY IN SULAWESI AND MALUKU,” no. 2, pp. 181–187, 2008.

[15] S. Bahari, “KABUPATEN KUBU RAYA Syamsul Bahari Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura ABSRACT - West Borneo province is very broad and many the villages have not gotten the electricity . Energy sources used to to g.”

[16] Raghel Yunginger, “ANALISIS ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI KOTA DI GORONTALO Raghel.”

[17] B. Ballot, “RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN BERBASIS ARDUINO UNO ATM,” vol. 04, pp. 150–156, 2015.

[18] Difi Nuary Nugroho, “Analisis pengisian baterai pada rancang bangun turbin angin poros vertikal tipe savonius untuk pencatuan beban listrik skripsi,” 2011.

[19] M. Nuarsa, J. Teknik, M. Fakultas, and T. Universitas, “PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN VARIASI JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL,” vol. 3, no. 1, pp. 50–59, 2013.

[20] M. Borg and M. Collu, “Offshore floating vertical axis wind turbines : Advantages , disadvantages , and dynamics modelling state of the art,” no. January, 2012.

[21] A. J. Pradana, G. Nugroho, and A. Musyafa’, “Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Profil Kurva Blade,” vol. 7,