

ISBN. 978-623-98762-1-0

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENELITIAN & PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (SNP2M) 2021 (TEKNOLOGI & SOSIAL SAINS)

(Bidang Ilmu Teknik Mesin, Industri, Energi Terbarukan,
Teknologi Pertahanan, Teknologi Ramah Lingkungan, Teknologi
Tepat Guna dan Teknologi Pertanian)

**“Peran Strategis Kerjasama Penelitian & Pengabdian Masyarakat
Antara Industri dan PT Vokasi Dalam Percepatan Implementasi
MBKM”**



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR, 13 NOVEMBER 2021**

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL PENELITIAN & PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT (SNP2M) 2021
(TEKNOLOGI DAN SOSIAL SAINS)
ISBN. 978-623-98762-1-0

Pelindung / Penanggung Jawab

Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D.

Ketua Penyunting

Dr. Ir. Firman, M.T.

Sekretaris

Nahlah, S.Si., M.Si

Penyunting Ahli

Prof. Ir. Muhammad Suradi, M.Eng.Sc., Ph.D.

Dr.Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.

Dr. Bahri S.E., M.Si.

Drs. Mastang, M.Hum.

A.M Shiddiq Yunus, S.T.,M.Eng.Sc., Ph.D.

Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T

Dr. Fajriyati Mas'ud, S.T.P., M.Si.

Dr. Nur Alam La Nafie, S.E., MBA.

Ir. Prihadi Murdiyat, M.T., Ph.D. (Politeknik Negeri Samarinda)

Dr. Drs. La Ode Hasiara, SE.,MM.,M.Pd.,Akt.,CA (Politeknik Negeri Samarinda)

Ahyar M. Diah, SE., MM., Ph.D. (Politeknik Negeri Samarinda)

Amiril Azizah, SE., M.Si., Ph.D. (Politeknik Negeri Samarinda)

Dr. Ir. Yuhefizar, S.Kom., M.Kom. IPM. (Politeknik Negeri Padang)

Prof. Dr. Syafruddin Side, S.Si., M.Si. (Universitas Hasanuddin)

Ir. Ilyas Palentei, M.Eng., Ph.D. (Universitas Hasuddin)

Layout & IT

Muhammad Ruswandi Djalal, S.ST., M.T.

Administrasi

Maryani, SE.

Alamat Redaksi

Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Lt.2 Gedung Adm Politeknik Negeri Ujung Pandang

Jl. Perintis Kemerdekaan km.10 Tamalanrea, Makassar 90245.

Telp. (0411) 585 365

Email : snp2m@poliupg.ac.id

Website: <http://snp2m.poliupg.ac.id/2021>

DAFTAR ISI PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENELITIAN & PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (SNP2M) 2021 (TEKNOLOGI DAN SOSIAL SAINS)

(BIDANG ILMU TEKNIK MESIN, INDUSTRI, ENERGI TERBARUKAN, TEKNOLOGI PERTAHANAN, TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN, TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI PERTANIAN)

AULA POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG, 13 NOVEMBER 2021

ISBN 978-623-98762-1-0

BIDANG ILMU TEKNIK MESIN, INDUSTRI, ENERGI TERBARUKAN, TEKNOLOGI PERTAHANAN, TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN, TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI PERTANIAN			
NO	JUDUL	ID	HAL
1	PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BIODIESEL PADA SISTIM INJECTOR MESIN DIESEL <i>Penulis: Suryanto, Abdul Rahman</i>	297	1-6
2	OPTIMASI KINERJA TURBIN CROSS FLOW DENGAN TIGA NOSSEL <i>Penulis: Corvis L Rantererung, Titus Tandisenno, Mika Mallisa</i>	19	7-11
3	OPTIMALISASI PROSES PEMBUATAN COCOFIBER DENGAN MERANCANG DAN MEMBUAT MESIN PENGURAI SERAT SABUT KELAPA <i>Penulis: Ahmad Zubair Sultan, Jeremiah Ritto, Al Fenni, A. Muh. Zulkarnaen, Kurnia T. Syawal</i>	22	12-17
4	SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT SERAT NATURAL ECENG GONDOK (EG) <i>Penulis: Muhammad Arsyad Suyuti, Rusdi Nur, Pria Gautama, Muhammad Afif Murtadha, Cristina Agatha</i>	52	18-24
5	FLUID FLOW SIMULATION WITH CENTRIFUGAL PUMP VARIATIONS: AN EXPERIMENTAL STUDY <i>Penulis: Amrullah, Jalaluddin Jumhur, M. Oemar Assad, Muhaemin</i>	75	25-30
6	KETANGGUHAN DAN KEKERASAN PADUAN ALUMINIUM AL-SI HASIL SQUEEZE CASTING DENGAN PENAMBAHAN UNSUR MG DAN SIC <i>Penulis: Nur Wahyuni, Arman, Muh Jufri Dullah, Muhammad Ishak Rindar, Ainul R. Al Fatiha A. W</i>	86	31-33
7	ANALISIS SIFAT MEKANIK BAJA KARBON RENDAH MELALUI PROSES PACK CARBURIZING (SINGLE QUENCHING) MENGGUNAKAN ARANG SEKAM PADI DAN BARIUM KARBONAT (BACO3) <i>Penulis: Muas M, Syaharuddin Rasyid, Yusril Mahendra, Rifal Hadiana</i>	93	34-39
8	MODIFIKASI SEPEDA KONVENSIONAL MENJADI SEPEDA LISTRIK <i>Penulis: Muhammad Arsyad, Nur Wahyuni</i>	95	40-43
9	PENGENDALI JARAK JAUH BEBAN KELISTRIKAN PADA RUANG KERJA <i>Penulis: Sukma Abadi, Sonong, Muh. Fadli Adriyawan, Rahmawati</i>	97	44-49
10	RANCANG BANGUN MEDIA PRAKTIK ENGINE STAND C6 CATERPILLAR <i>Penulis: Anwar Mazmur, Yosrihard Basongan, Muh. Iqbal</i>	99	50-54
11	DESAIN DAN MANUFaktur MESIN PEMIPIL JAGUNG 2 HOPER MENGGUNAKAN MESIN PENGGERAK MOTOR BAKAR 5,5 HP <i>Penulis: Arthur Halik Razak, Muas M, Syaharuddin Rasyid, Eko Sujaya</i>	100	55-60

	<i>Bimantara Sibian, Ryo Ayatullah Mattalitti, Ragil Tri Atmojo</i>		
12	EXPERIMENTAL INVESTIGATION INTO THE EFFECT OF A WIND DEFLECTOR ON SAVONIUS-DARRIEUS TURBINE <i>Penulis: Yiyin Klistafani, Firman, Nur Rahmah H. Anwar, Andi Muh. Aqmal Insan, Muh. Arfandi</i>	104	61-66
13	OPTIMASI KINERJA OPRASIONAL UNIT EXCAVATOR 313D MENERAPKAN SISTEM REFILL FUEL ELEKTRIK <i>Penulis: Peri Pitriadi, Asnawir, Faisal Mahmud Alamudi</i>	105	67-70
14	PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN NATRIUM HIDROKSIDA TERHADAP KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT SERAT SABVUT KELAPA <i>Penulis: Yan Kondo, Muhammad Arsyad</i>	106	71-74
15	REVITALISASI LABORATORIUM MESIN FLUIDA DAN THERMAL PROGRAM STUDI TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI <i>Penulis: Herman HR</i>	129	75-79
16	PENGEMBANGAN DESAIN MESIN PEMISAH POLONG KACANG HIJAU <i>Penulis: Abdul Salam, Yosrihard B, Trisbenheiser, Muhammad Ikbal, Abdul Rahman Kasim</i>	131	80-84
17	PENGARUH BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS) PADA PENGISIAN BATERAI LITHIUM SISTEM PLTS <i>Penulis: Bakhtiar, Tadjuddin</i>	132	85-91
18	PERANCANGAN MESIN PENERING GABAH BERBAHAN BAKAR ALTERNATIF <i>Penulis: Dermawan, Tri Agus Susanto, Amrullah, Anwar Annas, Aldi Fitra, Nurul Aulia</i>	140	92-96
19	HIBRID PLTS DAN PLN UNTUK MENGERAKKAN MOTOR BLDC KINCIR AERATOR <i>Penulis: Musrady Mulyadi, Lewi, Nurul Amalia, Agung Basofi Suherman</i>	151	97-102
20	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PEMPIH BIJI MELINJO <i>Penulis: Muh. Rusdi, Mastang</i>	156	103-108
21	PERANCANGAN PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK MOTOR BLDC MENGGUNAKAN PANEL SURYA <i>Penulis: Arman, Muhammad Jufri Dullah</i>	169	109-116
22	RANCANG BANGUN MEDIA PERAGA SISTEM STARTER KONVENSIIONAL MOBIL <i>Penulis: Muh. Imam Raharjo, Rustan Effendy</i>	194	117-119
23	KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TARIK PADA VARIASI SAMBUNGAN MATERIAL HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE) UNTUK KAPAL POMPONG DI WILAYAH MADURA <i>Penulis: Anauta Lungiding Angga Risdianto, Windra Iswidodo</i>	205	120-124
24	RANCANG BANGUN JIG AND FIXTURE UNTUK PENGUJIAN BENDING PADA SAMBUNGAN PENGELASAN FILLET DAN CORNER JOINT <i>Penulis: Mohammad Anas Fikri, Faizatur Rohmah, Misbakhul Fatah, Fajar Yusuf Putra Mahendra</i>	206	125-130
25	ANALISIS SISTEM HYBRID ENERGI MATAHARI DAN ENERGI ANGIN UNTUK PENDINGIN DI KAPAL PENANGKAP IKAN <i>Penulis: Lewi Lewi, Anthonius Lorens Simon Haans, Jamal, Daniel Kambuno</i>	207	131-136
26	DRONE UNTUK DETEKSI HAMA DAN PENYEMPROTAN PESTISIDA PADA TANAMAN PADI <i>Penulis: Akhmad Taufik, Imran Habriansyah., Fachturrahman, Hutomo Febri Richardo Sumbung</i>	227	137-142
27	RANCANG BANGUN SISTEM HYBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR HUJAN	229	143-148

	<i>Penulis: Jumadi Tangko, A.M. Shiddiq Yunus, Syamsuryani Abbas, Fadil Amrullah</i>		
28	RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PLTS DAN GENSET SEBAGAI SUPLAI BEBAN UNTUK DAERAH TERPENCIL <i>Penulis: Herman Nauwir, Muh. Yusuf Yunus, Novi Elvikasari, Rahim S</i>	238	149-154
29	RANCANG BANGUN PENGENDALI TEGANGAN DAN FREKUENSI PLTMH <i>Penulis: Marhatang, Andreas Pangkung</i>	262	155-159
30	RANCANG BANGUN MODUL PEMBELAJARAN SEL SURYA <i>Penulis: Faisal, Sabir</i>	277	160-162
31	MODIFIKASI PROTOTIPE ROBOT PELONTAR PAKAN IKAN DAN SISTEM MONITORING LEVEL AIR PADA TAMBAK <i>Penulis: Abdul Kadir Muhammad, Dermawan, Mukhtar, Muslimah Widyaningrum, Gusti Rangga</i>	283	163-167
32	UNJUK KERJA TURBIN RODA AIR YANG DIPASANG SERI PADA WASTE WATER PIT <i>Penulis: Firman Firman, Muhammad Anshar, Yiyin Klistafani, M. Alif Al Afgan, G. S. T. Tiranda</i>	287	168-171
33	RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN PELTON <i>Penulis: Chandra Bhuana, Tasrif, Muhammad Ruswandi Djalal, Nurul Andini, Muhammad Aldy Rezaldy</i>	292	172-178
34	UNJUK KERJA KINCIR AIR UNDERSHOT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK MINIHIDRO DI LEMBANG PATONGLOAN <i>Penulis: Atus Buku, Benyamin Tangaran, Herby Calvin Pascal Tiyow, Noprianto Tolan</i>	298	179-184
35	FAKTOR-FAKTOR YANG PALING BERPENGARUH PADA MINAT BELAJAR PESERTA DIDIK PADA PEMBELAJARAN MODEL OPEN ENDED LEARNING (OEL) DI SMK <i>Penulis: Muhammad Komeini, Muhammad Yahya, Purnamawati</i>	a65	185-196

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2021 Politeknik Negeri Ujung Pandang dapat diterbitkan.

Prosiding ini mempunyai misi menyebarluaskan hasil-hasil penelitian dibidang keteknikan dan social science yang terbit setiap tahun. Untuk menjaga konsistensi kualitas prosiding, penulis diharapkan memperhatikan petunjuk atau tata cara penulisan artikel ilmiah. Prosiding ini hanya memuat artikel hasil penelitian/pengabdian kepada masyarakat bidang keteknikan dan social science yang dipresentasikan pada seminar nasional yang dilaksanakan oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang setiap tahun.

Kami mengucapkan terima kasih dan selamat kepada penulis yang artikelnya telah diterbitkan. Semoga prosiding ini dapat menjadi rujukan bagi peneliti lain baik dari lingkungan sendiri maupun dari luar.

Makassar, November 2021

Penyunting

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE WIND DEFLECTOR EFFECT ON SAVONIUS-DARRIEUS TURBINE PERFORMANCE

Yiyin Klistafani¹⁾, Firman¹⁾, Nur Rahmah H. Anwar¹⁾, Andi Muh. Aqmal Insan F²⁾, dan Muh. Arfandi²⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Experimental investigation into the effect of a wind deflector on Savonius-Darrieus turbine is a combination of hybrid turbine and wind deflector technology innovation which are expected to have positive impact on increasing wind turbine performance. The stages of experimental investigation are conducting field observations, designing a Savonius-Darrieus hybrid, designing a wind deflector with plate angle of 0°, testing a hybrid VAWT without and with a wind deflector. Based on the results obtained, the addition of a wind deflector on the Savonius-Darrieus hybrid turbine is able to produce a larger turbine rotor rotation value than the hybrid turbine without a wind deflector. The increment percentage of Savonius-Darrieus hybrid turbine performance due to the addition of a wind deflector is very dependent on the input wind speed received. The highest performance increase was obtained by 59.62% when the turbine was operating in 3 m/s wind speed.

Keywords: Hybrid, VAWT, Wind Deflector, Wind Energy

1. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini sedang berusaha mencapai kemandirian dan ketahanan energi nasional, seperti yang tercantum pada PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Perpres RUEN menjabarkan salah satu prioritas pengembangan energi Indonesia yaitu penggunaan energi terbarukan yang maksimal dengan memperhatikan tingkat keekonomian [1]. Dengan demikian, Indonesia masih harus menggali dan mengembangkan segala macam potensi energi terbarukan agar dapat mengatasi krisis energi yang berkepanjangan. Salah satu potensi energi terbarukan yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kebutuhan energi di Indonesia adalah energi angin. Energi angin tidak hanya dapat mengatasi keterbatasan pembangkit listrik secara menyeluruh, namun juga dapat digunakan dalam skala kecil, contohnya untuk sektor perumahan [2]. Energi angin mendapatkan perhatian yang besar karena tingginya potensi yang dimiliki dan menjadikan industri mengalami pertumbuhan tercepat di bidang energi terbarukan dengan lebih dari 30% tingkat pertumbuhan tahunan (*annual growth rate*) [3]. Potensi energi angin di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal, khususnya potensi energi angin di daerah perkotaan (*urban area*). Bangunan-bangunan tinggi di daerah kota sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bangunan yang mampu memenuhi kebutuhan energinya sendiri (*Self Energy Powered Houses*).

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan tipe turbin yang sangat relevan untuk dikembangkan di Indonesia karena sangat sesuai dengan karakteristik angin di Indonesia, khususnya pada urban area, dimana kecepatan angin fluktuatif dan arah angin yang selalu berubah-ubah. *VAWT* sangat sesuai untuk dibangun dan diaplikasikan pada daerah dengan iklim tropis dan berangin karena *VAWT* tidak mengalami perubahan performa meskipun arah angin datang berubah-ubah [4].

VAWT adalah perangkat pembangkit listrik yang kompetitif karena kesederhanaan struktural, kemandirian arah angin, tidak diperlukan *yaw mechanism*, perawatan lebih mudah, *gearbox* dan generator di ground level, dan emisi kebisingan yang lebih rendah. Namun *VAWT* juga masih memiliki kelemahan, dimana *blade tip vortex* akan selalu terbentuk di ujung kedua *blade* selama berotasi. Hal tersebut menyebabkan kerugian torsi dan menurunnya performa turbin angin [5]. Selain itu kemampuan *self-starting* dari *VAWT* masih sangat buruk [6].

Beberapa peneliti telah mencoba untuk mengidentifikasi prinsip terbaik dari operasional *VAWT* untuk dapat meningkatkan karakteristik kinerjanya [7-9]. Wong et al [10] telah menginvestigasi perbedaan kinerja dari *VAWT* tipe *Darrieus* tanpa dan dengan tambahan *wind deflector*. Hasil yang didapatkan yaitu *VAWT* dengan *deflector* memiliki peningkatan nilai rata-rata koefisien torsi hingga 47,10% dibandingkan dengan *VAWT* tanpa *deflector*. Hosseini dan Goudarzi [11] juga telah melakukan perbandingan kinerja *VAWT* tipe

¹ Korespondensi penulis: Yiyin Klistafani, Telp 085648965909, yiyin_klistafani@poliupg.ac.id

Darrieus dengan VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus*. Hasil yang didapatkan yaitu VAWT tipe hybrid mampu melakukan *self-starting* sedangkan VAWT tipe *Darrieus* tidak mampu melakukan hal tersebut.

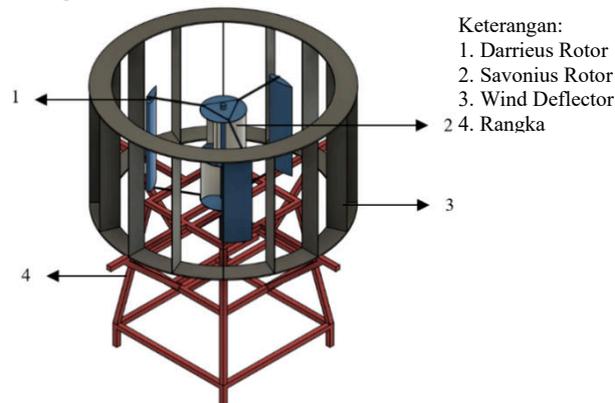
Berdasarkan pemaparan yang telah diuraikan maka sangat menarik untuk dicermati bahwa inovasi dan pengembangan VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus* masih sangat diperlukan. Penelitian ini menekankan pada penggabungan dua inovasi teknologi yaitu VAWT tipe *hybrid* dan *wind deflector* sebagai terobosan baru dalam menciptakan inovasi teknologi mutakhir yang diharapkan lebih dapat mengoptimalkan kinerja sistem.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk membuat desain konstruksi dari konfigurasi VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus* yang dilengkapi dengan *wind deflector* dan menganalisis pengaruh penambahan *wind deflector* terhadap performa VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus*.

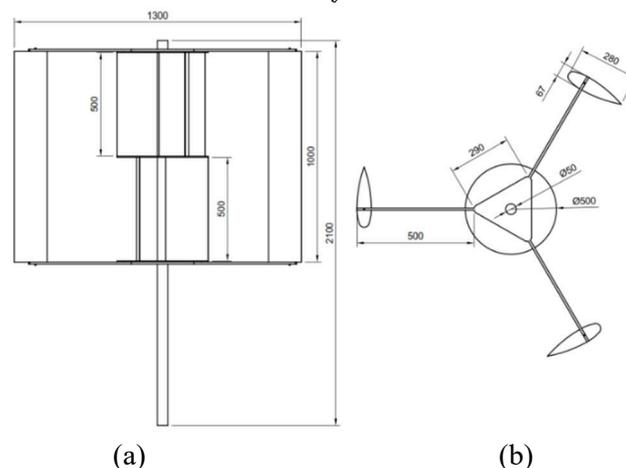
2. METODE PENELITIAN

Penelitian *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan penambahan *wind deflector* dilakukan di Lab Teknik Konversi Energi dan menggunakan fasilitas Bengkel Las dan juga Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin. Pengujian turbin angin dilakukan di lokasi dengan potensi kecepatan angin yang tinggi guna memudahkan dalam menganalisis kinerja turbin angin sebelum diaplikasikan pada atap bangunan. Pengujian turbin angin dilaksanakan di Pelabuhan Perikanan Untia, Makassar. Observasi lapangan terlebih dahulu dilakukan untuk mengamati potensi dan karakteristik angin di lokasi pengambilan data.

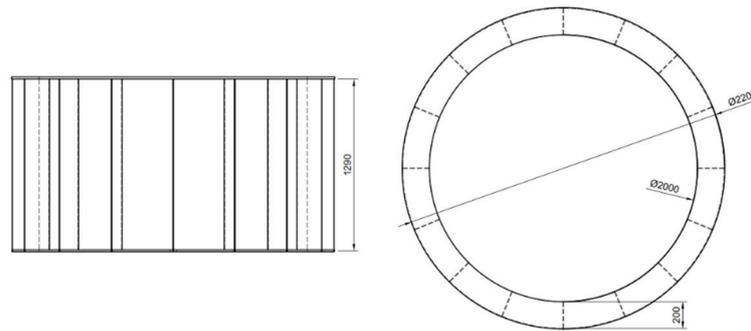
Turbin angin yang dirancang adalah turbin angin sumbu vertikal (VAWT) tipe *hybrid Savonius-Darrieus*, dimana dilakukan penggabungan dua jenis turbin yaitu turbin Savonius dan turbin Darrieus. Dasar penentuan dimensi turbin angin Savonius merujuk pada penelitian Hasrofiddin [12]. Konstruksi *Wind deflector* dirancang dengan sudut kemiringan plat *deflector* yaitu sebesar 0°. Penentuan dimensi *wind deflector* merujuk pada penelitian sebelumnya [13]. Gambar desain alat menggunakan bantuan *software Fusion* dan *Sketchup*. Desain VAWT tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan penambahan *Wind Deflector* dapat dilihat pada Gambar 1. Detail dimensi dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 1. Desain *Vertical Axis Wind Turbine* tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan penambahan *Wind Deflector*



Gambar 2. Detail Dimensi VAWT Tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* (a) tampak depan dan (b) tampak atas



Gambar 3. Detail Dimensi *Wind Deflector* (a) tampak depan dan (b) tampak atas

Prosedur pengujian alat dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama dalam pengujian adalah memastikan terlebih dahulu rangka-rangka yang terhubung satu sama lain dalam keadaan kuat, turbin angin dapat berputar dengan baik pada porosnya, serta memastikan *wind deflector* terpasang dengan baik. Tahapan berikutnya yaitu pengambilan data kecepatan angin, putaran poros, dan temperatur udara. Pengujian dilakukan dalam dua variasi, yaitu turbin angin *hybrid* tanpa dan dengan *wind deflector*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil konstruksi *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* tanpa dan dengan *wind deflector* dapat dilihat pada Gambar 4. Turbin Savonius dipasang tepat dibagian pusat tengah turbin Darrieus. *Wind deflector* yang dirancang dan dibuat berupa konstruksi melingkar dengan enam belas (16) sirip pelat vertikal.



Gambar 4. Konstruksi *VAWT* tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* (a) tanpa *Wind Deflector* dan (b) dengan *Wind Deflector*

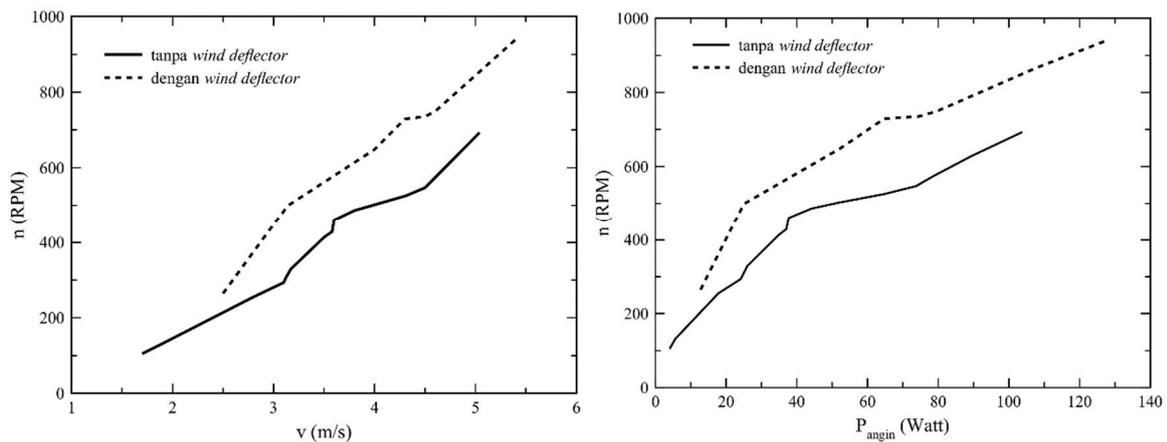
Hasil observasi lapangan terkait kecepatan angin di Palabuhan Untia dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data yang didapat, kecepatan angin mulai meningkat signifikan pada pukul 10.37 WITA dengan kecepatan minimal 1,828 m/s hingga 4,008 m/s. Kecepatan angin tertinggi yaitu 6,499 m/s yang terjadi pada pukul 14.12 - 14.17 WITA. Pada rentang waktu itu pula kecepatan rata-rata angin tertinggi didapatkan. Merujuk pada Tabel 1 maka dapat diketahui bahwa kecepatan angin rata-rata mulai stabil dan bagus pada pukul 10.37 – 16.54 WITA. Sehingga pada waktu tersebut sangat sesuai untuk dilakukan pengujian turbin angin. Penentuan waktu dalam pencatatan data didasarkan pada observasi fenomena angin di pelabuhan, sehingga tidak berdasarkan interval waktu tertentu yang teratur namun berdasarkan waktu real fenomena perubahan kecepatan angin.

Tabel 1. Data observasi kecepatan angin di Pelabuhan Untia, Makassar, Indonesia

Waktu (WITA)	Kecepatan Angin Rata-rata (m/s)	Kecepatan Angin Minimal (m/s)	Kecepatan Angin Maksimal (m/s)
09.44 - 09.49	1,938	1,184	2,768
09.55 - 10.00	1,939	1,222	2,555
10.10 - 10.15	2,523	1,745	3,347
10.37 - 10.42	3,151	1,828	4,008
11.00 - 11.05	3,385	2,599	4,174
11.38 - 11.43	3,314	1,986	4,479
11.51 - 11.56	3,857	2,554	4,890
12.25 - 12.30	3,533	2,456	4,416
12.47 - 12.52	3,898	2,383	5,265
13.16 - 13.21	3,596	2,875	4,448
13.46 - 13.51	4,769	3,694	5,661
14.12 - 14.17	5,193	3,956	6,499
16.23 - 16.28	4,274	3,021	5,288
16.54 - 16.59	3,167	1,938	4,076
17.16 - 17.21	1,874	1,080	2,643
17.50 - 17.55	1,077	0	1,751
18.08 - 18.23	0,367	0	1,289
18.55 - 19.00	0,011	0	0,658

Keterangan: Data observasi diambil pada Tanggal 27 Agustus 2021

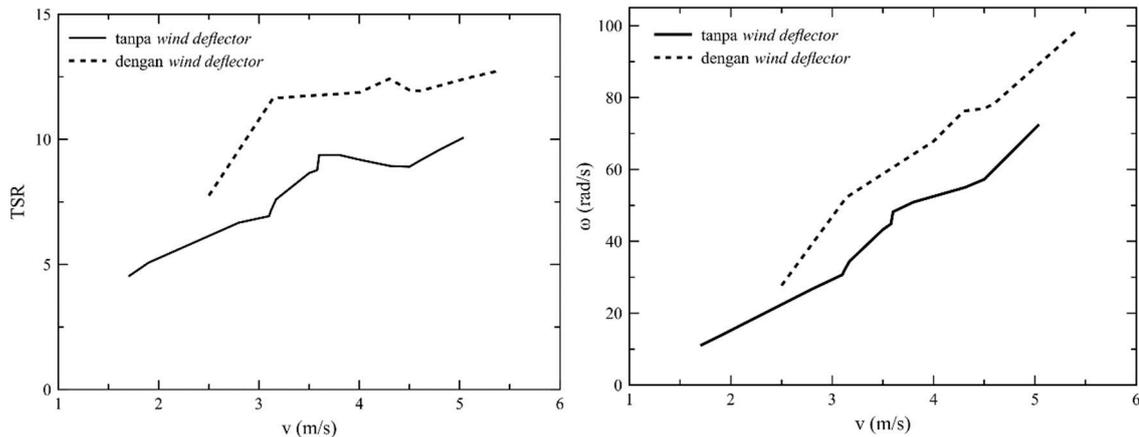
Grafik hubungan kecepatan angin dengan putaran rotor pada turbin *hybrid Savonius-Darrieus* tanpa dan dengan *wind deflector* dapat dilihat pada Gambar 5(a) sedangkan grafik hubungan daya angin dengan putaran rotor dapat dilihat pada Gambar 5 (b). Terlihat pada Gambar 5 bahwa nilai putaran rotor meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Daya angin juga sangat ditentukan oleh besarnya kecepatan angin, sehingga semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula daya angin yang dihasilkan dan tentunya hal ini berdampak pada peningkatan nilai putaran rotor turbin. Nilai putaran rotor yang dihasilkan oleh turbin *hybrid* dengan *wind deflector* lebih besar dibandingkan jika tidak menggunakan *wind deflector* ditinjau pada saat kecepatan angin yang sama. Hal ini dikarenakan *wind deflector* mampu mengarahkan angin dengan cara mendefleksikan angin menuju pusat turbin. Sehingga kecepatan angin yang tepat diterima sudu turbin (setelah melalui *wind deflector*) meningkat dan lebih optimal dalam memutar poros turbin.



Gambar 5. (a) Grafik hubungan kecepatan angin dengan putaran rotor turbin dan (b) Grafik hubungan daya angin dengan putaran rotor

Begitupun jika dilihat pada gambar 5 (b), dengan inputan daya angin yang sama, turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dengan *wind deflector* lebih mampu memutar rotor turbin dengan cepat dibandingkan tanpa *wind deflector*. Oleh karena itu, *wind deflector* dinilai sangat efektif dan mampu meningkatkan performa turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dari perspektif putaran rotor yang dihasilkan.

Grafik hubungan antara kecepatan angin dengan nilai *tip speed ratio* (TSR) dapat dilihat pada gambar 6 (a). Pada prinsipnya nilai *tip speed ratio* dipengaruhi oleh kecepatan angin, putaran rotor, dan diameter rotor turbin. Sehingga gambar 6 (a) dapat dilihat adanya peningkatan nilai TSR seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Karena parameter putaran rotor turbin juga mempengaruhi besarnya nilai TSR, maka seperti yang telah dijelaskan pada gambar 5 bahwa putaran rotor turbin *hybrid* menunjukkan tren yang bagus pada saat turbin dilengkapi dengan *wind deflector*, oleh karenanya nilai TSR yang dihasilkan oleh turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dengan menggunakan *wind deflector* lebih besar dibandingkan dengan turbin *hybrid* tanpa *wind deflector* pada kecepatan angin yang sama.



Gambar 6. (a) Grafik hubungan kecepatan angin dengan *tip speed ratio* (TSR) dan (b) Grafik hubungan kecepatan angin dengan kecepatan sudut sudu turbin

Grafik hubungan kecepatan angin dengan kecepatan sudut sudu turbin dapat dilihat pada gambar 6 (b). Terlihat pada gambar bahwa kecepatan sudut sudu turbin *hybrid* yang dilengkapi dengan *wind deflector* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan turbin *hybrid* tanpa *wind deflector*. Hal ini dikarenakan kecepatan sudut sudu turbin dipengaruhi oleh parameter putaran rotor turbin. Dikarenakan penambahan *wind deflector* mampu meningkatkan putaran rotor turbin maka berdampak juga pada peningkatan kecepatan sudut sudu (*blade*) turbin. Berdasarkan analisis parameter-parameter tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dengan *wind deflector* lebih baik dibandingkan dengan turbin *hybrid Savonius-Darrieus* tanpa menggunakan *wind deflector*.

Persentase peningkatan kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus* akibat adanya penambahan *wind deflector* sangat bergantung pada input kecepatan angin yang diterima. Tabel 2 menyajikan data perbandingan kinerja *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* dengan dan tanpa *wind deflector* pada variasi kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s. Tiga variasi kecepatan angin tersebut berdasarkan data observasi yang merupakan kecepatan angin yang mendominasi selama pengujian turbin angin. Penambahan *wind deflector* pada *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* mampu meningkatkan kinerja turbin sebesar 59,62% pada kecepatan angin 3 m/s. Sedangkan pada saat kecepatan angin 4 m/s, peningkatan kinerja yang dihasilkan yaitu sebesar 29,215%. Persentase peningkatan kinerja menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2 bahwa pada kecepatan angin 5 m/s, peningkatan kinerja yang dihasilkan akibat penambahan *wind deflector* sebesar 23,789%.

Tabel 2. Data perbandingan kinerja *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* dengan dan tanpa *wind deflector*

Kecepatan Angin (m/s)	Parameter	<i>VAWT hybrid Savonius-Darrieus</i>		Peningkatan Kinerja (%)
		tanpa <i>Wind Deflector</i>	dengan <i>Wind Deflector</i>	
3	Putaran Rotor, n (RPM)	280,53	447,781	59,62
	Kecepatan Sudut Rotor, ω (rad/s)	29,362	46,868	
	<i>Tip Speed Ratio</i> , TSR	6,851	10,936	
4	Putaran Rotor, n (RPM)	501,8	648,4	29,215
	Kecepatan Sudut Rotor, ω (rad/s)	52,522	67,866	
	<i>Tip Speed Ratio</i> , TSR	9,191	11,877	
5	Putaran Rotor, n (RPM)	682,17	844,45	23,789

Kecepatan Sudut Rotor, ω (rad/s)	71,4	88,385
Tip Speed Ratio, TSR	9,99	12,374

4. KESIMPULAN

Studi eksperimen pengaruh penambahan wind deflector pada turbin *hybrid Savonius-Darrieus* telah dilakukan dengan. Studi ini memberikan hasil positif terhadap inovasi peningkatan kinerja turbin. Beberapa kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini yaitu sebagai berikut: 1) Penambahan *wind deflector* pada turbin *hybrid Savonius-Darrieus* mampu menghasilkan nilai putaran rotor turbin yang lebih besar dibandingkan dengan turbin *hybrid Savonius-Darrieus* tanpa *wind deflector*; 2) Peningkatan nilai putaran rotor turbin memberikan dampak terhadap kenaikan nilai kecepatan sudut sudu rotor dan nilai tip speed ratio, sehingga penambahan *wind deflector* dinilai sangat efektif dalam meningkatkan kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus*; 3) Persentase peningkatan kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus* akibat adanya penambahan *wind deflector* sangat bergantung pada input kecepatan angin yang diterima. Peningkatan kinerja tertinggi didapatkan sebesar 59,62% pada saat turbin beroperasi dengan kecepatan angin 3 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin 5 m/s, peningkatan kinerja turbin yaitu 23,789%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, "Indonesia Energy Outlook – Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat," *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*, ISBN 978-602-1328-05-7, 2008.
- [2] A. Rachman and A. Indra, "Analisis dan pemetaan potensi energi angin di Indonesia= Mapping and analysis of wind energy potential in Indonesia," 2012.
- [3] G. P. C. T. Hutomo, G. S. T. A. Bangga, and H. Sasongko, "CFD studies of the dynamic stall characteristics on a rotating airfoil," in *Applied Mechanics and Materials*, 2016, vol. 836, pp. 109–114.
- [4] M. Johari, M. Jalil, and M. F. M. Shariff, "Comparison of horizontal axis wind turbine (HAWT) and vertical axis wind turbine (VAWT)," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4.13, pp. 74–80, 2018.
- [5] Y. Jiang, C. He, P. Zhao, and T. Sun, "Investigation of Blade Tip Shape for Improving VAWT Performance," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 3, p. 225, 2020.
- [6] M. H. Mohamed, "Performance investigation of H-rotor Darrieus turbine with new airfoil shapes," *Energy*, vol. 47, no. 1, pp. 522–530, 2012.
- [7] F. Wenehenubun, A. Saputra, and H. Sutanto, "An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades," *Energy procedia*, vol. 68, pp. 297–304, 2015.
- [8] R. Gupta, A. Biswas, and K. K. Sharma, "Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius–three-bladed Darrieus rotor," *Renew. Energy*, vol. 33, no. 9, pp. 1974–1981, 2008.
- [9] A. Dessoky, G. Bangga, T. Lutz, and E. Krämer, "Aerodynamic and aeroacoustic performance assessment of H-rotor darrieus VAWT equipped with wind-lens technology," *Energy*, vol. 175, pp. 76–97, 2019.
- [10] K. H. Wong, W. T. Chong, S. C. Poh, Y.-C. Shiah, N. L. Sukiman, and C.-T. Wang, "3D CFD simulation and parametric study of a flat plate deflector for vertical axis wind turbine," *Renew. energy*, vol. 129, pp. 32–55, 2018.
- [11] A. Hosseini and N. Goudarzi, "Design and CFD study of a hybrid vertical-axis wind turbine by employing a combined Bach-type and H-Darrieus rotor systems," *Energy Convers. Manag.*, vol. 189, pp. 49–59, 2019.
- [12] D. Hasrofiddin, "Perancangan Turbin Angin Tipe Hybrid Savonius Darrieus Sumbu Vertikal," *Jurnal Teknik Elektro UMRAH*, pp. 1-10, 2019.
- [13] I. H. Siregar, "Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Bilah Profile Modified NACA 0018 Dengan dan Tanpa Wind Deflector," *J. Tek. Mesin OTOPRO*, vol. 8, pp. 126–138, 2013.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada unit Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan hibah dana PNBPD/DIPA 2021 Politeknik Negeri Ujung Pandang kepada penulis sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan diselesaikan dengan baik.