

**LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN PRODUK TERAPAN**



**PENGEMBANGAN PROTOTIPE TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL
BILAH HIBRID KECEPATAN ANGIN RENDAH SKALA RUMAH
TANGGA BERBASIS KINERJA MODEL di TEROWONGAN ANGIN**

Tahun ke-3 dari rencana 3 tahun

INDRA HERLAMBA SIREGAR, S.T., M.T NIDN : 0007097103
WAHYU DWI KURNIAWAN, S.Pd., M.Pd NIDN : 0715128303

**UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
NOPEMBER 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGEMBANGAN PROTOTIPE TURBIN ANGIN
SUMBU VERTIKAL BILAH HIBRID KECEPATAN
ANGIN RENDAH SKALA RUMAH TANGGA
BERBASIS KINERJA MODEL di TEROWONGAN
ANGIN

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : INDRA HERLAMBA SIREGAR, S.T, M.T
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya
NIDN : 0007097103
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Mesin
Nomor HP : 0813330561826
Alamat surel (e-mail) : indrasiregar@unesa.ac.id

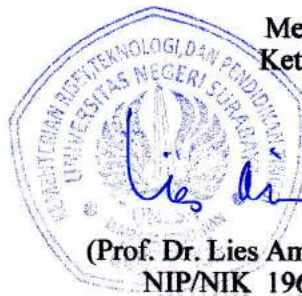
Anggota (1)
Nama Lengkap : WAHYU DWI KURNIAWAN
NIDN : 0715128303
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 55,321,000
Biaya Keseluruhan : Rp 174,882,100


Mengetahui,
Pih. Dekan FT UNESA
(Dr. Mochamad Cholik, M.Pd.)
NIP/NIK 196004241990021001

Kota Surabaya, 30 - 10 - 2017
Ketua,


(INDRA HERLAMBA SIREGAR, S.T, M.T)
NIP/NIK 197109072005011002


Menyetujui,
Ketua LPPM
(Prof. Dr. Lies Amin Lestari, M.A., M.Pd.)
NIP/NIK 196102121988032004

RINGKASAN

Pendapatan perkapita bangsa Indonesia yang meningkat serta jumlah penduduk yang besar menyebabkan peningkatan konsumsi energi per kapita, dimana suplai energi nasional pada saat ini didominasi oleh energi fosil. Energi fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga semakin banyak konsumsinya menyebabkan cadangan sumber energi fosil yang di miliki oleh bangsa Indonesia semakin menipis pula, selain itu pemanfaatan energi fosil sebagai sebagai sumber energi yang dominan berdampak terhadap keuangan negara dan kualitas lingkungan hidup. Untuk mengatasi itu pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No.5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dimana di targetkan pada tahun 2025 terinstalasikan turbin angin dengan kapasitas 250 MW dari kapasitas terpasang sekarang sebesar 1,4 MW, sehingga masih terbuka ruang untuk mengembangkan teknologi yang memanfaatkan energi angin yaitu turbin angin.

Oleh karena letak geografis Indonesia sebagai negara tropis menyebabkan karakteristik angin sering berubah-ubah dimana kondisi ini menyebabkan kesinambungan produksi energi dari turbin angin sumbu horizontal terganggu karena rotor turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin. Untuk itu sangatlah urgen untuk mengembangkan teknologi turbin angin yang mampu bekerja sesuai dengan karakteristik angin di Indonesia.

Peneliti mengembangkan teknologi turbin angin sumbu vertikal yang cocok untuk kondisi angin di Indonesia yang sering berubah-ubah serta kecepatannya rendah dengan mengkombinasikan bilah yang bekerja berdasarkan gaya lift yang memiliki kelebihan berupa torsi yang dihasilkannya besar dan bilah yang bekerja berdasarkan gaya drag yang memiliki kelebihan berupa kemampuan mulai berputarnya turbin pada kecepatan angin rendah kombinasi bilah ini berikutnya disebut bilah hibrid. Penelitian ini dilakukan dengan menguji model yang dikembangkan oleh peneliti di terowongan angin, pada tahun pertama dan kedua dalam prototype skala ruah tangga. Pada laporan akhir ini diujikan prototipe turbin angin tipe savonius dua tingkat dengan bilah tipe J dengan variasi sudut lengkung pada kondisi kecepatan angin real dilapangan sebagai pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut lengkung 125° memberikan hasil unjuk kerja yang paling baik dengan efisiensi maksimm 24,92 % pada kecepatan angin 3,4 m/s dan daya maksimum 47,33 W pada kecepatan 6,73 m/s selanjutnya penelitian dilanjutkan pada kombinasi bilah kurva C pada tingkat kedua dan savonius bilah tipe J pada tingkat pertama sebagai prototipe bilah hibrid dengan variasi jumlah bilah kurva C pada tingkat kedua dimana hasil penelitian menunjukan jumlah bilah kurva C 12 memberikan hasil unjuk kerja yang paling baik dengan efisiensi maksimm 23,55 % pada kecepatan angin 2,31 m/s dan daya maksimum 20,36 W pada kecepatan 6,21 m/s .

Kata Kunci: *Turbin Angin Sumbu Vertikal, Bilah Hibrid, Bilah Kurva C, Bilah tipe J*

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah akhirnya laporan kemajuan penelitian hibah bersaing ini dapat diselesaikan, sesuai dengan rentang waktu yang diberikan oleh Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.

Pada kesempatan ini ijin kami sebagai peneliti untuk menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kepala LPPM Universitas Negeri Surabaya yang mendukung dan memberikan dana sehingga kegiatan penelitian ini dapat terlaksana.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya yang memberikan ijin untuk melaksanakan kegiatan penelitian ini.
3. Semua pihak yang membantu yang tidak dapat kami sebutkan disini satu per satu.

Akhirnya kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan kemajuan penelitian hibah bersaing ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dan kritikan yang membangun agar laporan ini semakin baik.

Surabaya, 3 Nopember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Khusus	3
1.3 Urgensi Penelitian.....	3
1.4 Temuan Yang Ditargetkan	4
1.5 Rencana Capaian Tahunan.....	5
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 6
2.1 State of the art Penelitian	6
2.2 Parameter Kinerja Turbin Angin	10
2.3. Roadmap Penelitian	11
 BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	 14
3.1 Tujuan	14
3.2 Manfaat	14
 BAB IV. METODE PENELITIAN.....	 15
4.1 Bagan Alir Penelitian	15
4.2 Metodologi Penelitian	17

BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	20
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	26
DAFTAR PUSTAKA.....	27

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Peta Jalan Penelitian Turbin Angin Sumbu Vertikal.....	13
Tabel 2. Rencana format pengumpulan data	20
Tabel 3. Hasil Pengujian turbin angin savonius dua tingkat	22
Tabel 4. Daya turbin angin	23
Tabel 5. Nilai TSR yang dihasilkan turbin	24
Tabel 6. Daya elektrik generator	25
Tabel 7. Efisiensi yang dihasilkan turbin	26
Tabel 8. Hasil Pengujian turbin angin bilah hybrid berupa kombinasi bilah savonius dua tipe J dan bilah kurva C susunan dua tingkat	31
Tabel 9. Hasil Perhitungan parameter hasil pengujian turbin angin bilah hybrid berupa kombinasi bilah Savonius dua tipe J dan bilah kurva C susunan dua tingkat	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Prinsip kerja Turbin angin Sovanius	6
Gambar 2. Prinsip kerja Turbin angin Darrieus tipe-H	6
Gambar 3. Bagan alir penelitian produk terapan tahun ketiga	16
Gambar 4. Diagram fishbone hubungan variabel bebas dgn variabel respon	17
Gambar 5. Ilustrasi rangkaian instrumen penelitian	19
Gambar 6. Instalasi Savonius dua tingkat	21
Gambar 7. Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin.....	26
Gambar 8. Grafik hubungan TSR dengan kecepatan angin	27
Gambar 9. Grafik hubungan daya elektrik generator dengan kecepatan angin	28
Gambar 10. Grafik hubungan efisiensi turbin terhadap kecepatan angin	29
Gambar 11. Instalasi Prototipe turbin angin dengan bilah hybrid	30
Gambar 12. Pengaruh kecepatan angin terhadap putaran turbin angin	36
Gambar 13. Grafik hubungan daya elektrik generator dengan kecepatan angin	37
Gambar 14. Grafik hubungan efisiensi turbin terhadap kecepatan angin	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Instrumen	43
Lampiran 2. Personalia Tenaga Pelaksana Beserta Kualifikasinya	45
Lampiran 3. Scan Luaran berupa publikasi online	46

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan manusia dimana akhir-akhir ini konsumsinya semakin meningkat seiring banyaknya temuan-temuan yang membuat hidup manusia lebih nyaman baik dibidang industri, transportasi, penerangan dan peralatan-peralatan rumah tangga.

Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut untuk saat ini disuplai oleh energi fosil. Namun ketika energi fosil ini di konversikan ke energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk menyokong aktifitasnya memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena melepas emisi ke atmosfer berupa gas CO₂, hal menyebabkan terjadinya efek rumah kaca yang merupakan salah satu faktor dominan terjadinya pemanasan global (Armely dkk., 2004).

Selain itu energi fosil merupakan energi yang terklasifikasi sebagai energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga pemakaian energi fosil menyebabkan cadangan energi yang dimiliki juga berkurang secara permanen sehingga pada akhir-akhir ini harga dari energi fosil melonjak tajam dikarenakan jumlah cadangan diseluruh dunia menipis namun tingkat konsumsi masyarakat dunia meningkat sehingga berlaku hukum pasar.

Suplai energi Indonesia pada tahun 2010 masih di dominasi oleh energi yang berasal dari energi fosil, untuk mengatasi ketersediaan energi indonesia melalui PP No.5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dimana di targetkan pada tahun 2025 minyak bumi menjadi kurang dari 20% , gas bumi menjadi lebih dari 30% , batubara menjadi lebih dari 33% , biofuel menjadi lebih dari 5%, panas bumi menjadi lebih dari 5% , energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya biomasa, nuklir, tenaga air skala kecil, tenaga surya, dan tenaga angin menjadi lebih dari 5% dan bahan bakar lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2% (Pusdatin ESDM, 2011).

Angin merupakan sumber energi penting sejak waktu lama di beberapa negara. Cina telah memanfaatkan energi angin untuk pemompaan lebih dari seribu tahun lalu. Di Eropa barat, kincir angin mekanik untuk pemompaan atau penggilingan telah digunakan sejak abad ke-13 dan di Amerika untuk

pemompaan pada peternakan sejak awal abad ke-18. Sementara itu, turbin angin listrik telah diaplikasikan oleh para petani di Amerika sejak tahun 1930.

Indonesia yang memiliki pantai sepanjang 80.791,42 km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan kecepatan angin rata-rata dipesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/detik hingga 5 m/detik. Kemudian dari data cetak biru (*blue print*) Energi Nasional departemen ESDM, total potensi energi angin diperkirakan mencapai 9 GW. Angka ini merupakan suatu potensi besar jika dapat dimanfaatkan untuk menuai energi angin demi terciptanya ketahanan energi nasional dalam beberapa waktu ke depan (Yudha Partomo, 2012).

Namun dari potensi yang ada hingga tahun 2010, kapasitas terpasang dalam sistem konversi energi angin di seluruh Indonesia mencapai 1,4 MW (WWEA, 2011) yang tersebar di Pulau Selayar (Sulawesi Utara), Nusa Penida (Bali), Yogyakarta, dan Bangka Belitung dengan teknologi turbin angin yang digunakan saat ini dikembangkan adalah jenis turbin angin sumbu horizontal skala besar.

Ada beberapa permasalahan dalam pengembangan turbin angin sumbu horizontal dimana turbin jenis ini memerlukan kecepatan awal turbin angin untuk berputar adalah 3,24 m/s (Ronit K. Singh, 2013), letak geografis Indonesia sebagai negara tropis menyebabkan karakteristik angin di Indonesia sangat berbeda dengan karakteristik angin di negara-negara maju yang telah memanfaatkan angin sebagai sumber energinya antara lain arah angin yang sering berubah-ubah, dimana kondisi ini menyebabkan kesinambungan produksi energi dari turbin angin sumbu horizontal terganggu karena rotor turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin (anonim, 2013).

Selain itu konstruksi tower untuk turbin angin sumbu horizontal lebih tinggi sehingga biayanya lebih mahal dibandingkan dengan turbin angin sumbu vertikal, letak generator turbin angin sumbu horizontal diatas sehingga menyulitkan perawatan sedangkan letak generator turbin angin sumbu vertikal di bawah, kemudian tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh perputaran turbin angin sumbu horizontal lebih tinggi daripada turbin angin sumbu vertikal (Muhammad M A, 2012)

Oleh karena itu pengusul tertarik mengembangkan prototipe turbin angin sumbu vertikal untuk pembangkit listrik skala rumah tangga berbasis dua jenis turbin angin sumbu vertikal yang dominan sekarang yaitu turbin angin Darrieus tipe H dan Savonius yang diawali dengan mengkaji karakteristik kinerjanya di terowongan angin.

1.2 Tujuan Khusus

1. Mendapatkan database karakteristik aerodinamis desain model turbin angin sumbu vertikal di terowongan angin.
2. Mendapatkan database kinerja desain model turbin angin sumbu vertikal di terowongan angin.
3. Mendapatkan prototipe turbin angin yang mampu berkerja pada kecepatan angin yang rendah.
4. Memperoleh kinerja prototipe turbin angin pada kondisi real di lapangan.

1.3 Urgensi Penelitian

Laju pertumbuhan penduduk Indonesia rata-rata sebesar 1,49 %, sehingga tercatat dari hasil sensus penduduk 2010 jumlah penduduk Indonesia sebesar 237.641.326 jiwa. Begitupula laju pertumbuhan ekonomi Indonesia tercatat pada posisi 6,5 % (BPS, 2011). Hal ini tentunya berdampak terhadap konsumsi energi Indonesia. Konsumsi energi Indonesia sebesar 0,467 toe per kapita (Pusdatin ESDM, 2011) dengan sebaran final pasokan energi primer yang berasal dari energi fosil berupa batubara, minyak bumi dan gas alam sebesar 76,2 % dari total energi Indonesia pada tahun 2010 (Syahril, 2011).

Energi fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga pemakaian sumber energi ini mengakibatkan cadangannya berkurang. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2011 melaporkan data cadangan energi fosil yang dimiliki oleh bangsa Indonesia adalah minyak mentah sebesar 4,23 Milliar barel, batubara sebesar 126,3 Milliar Ton dan gas sebesar 108,4 TSFC (Syahril, 2011).

Pemakaian energi fosil memiliki beberapa dampak yang negatif baik ditinjau dari sisi ekonomi maupun lingkungan. Dampak secara ekonomi

disebabkan kemampuan produksi energi fosil dalam negeri tidak mampu memenuhi kebutuhan nasional. Impor minyak pada tahun 2010 tercatat sebesar 26 juta kiloliter sedangkan impor LPG 1,62 juta ton (Syahrial, 2011), dimana hal ini berimplikasi terhadap cadangan devisa negara, disamping itu kebijakan untuk mensubsidi energi sungguh menguras anggaran pemerintah dimana pada tahun 2012 subsidi yang diberikan untuk energi sebesar Rp346,4 triliun dengan rincian Rp 211,9 triliun untuk BBM dan realisasi subsidi listrik sebesar Rp 94,6 triliun (anonim, 2013).

Selain itu pemanfaatan energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi nasional ini berdampak negatif terhadap lingkungan, baik skala regional berupa pencemaran udara sampai skala global berupa perubahan iklim yang berdampak terhadap mencairnya es kutub, pergeseran musim, peningkatan permukaan laut sampai kepada pemanasan global (Armely dkk., 2004).

Untuk mengatasi hal tersebut pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang menunjukkan agar penggunaan dan pengembangan energi baru dan terbarukan meningkat yang didalamnya adalah energi angin yang ditargetkan pada tahun 2025 terinstalasi turbin angin dengan kapasitas 250 MW dari kapasitas terpasang sekarang sebesar 1,4 MW (Dewan Riset Nasional, 2006).

Rasio elektrifikasi nasional masih 75,3 % sehingga masih ada sekitar 24,7 % rumah tangga yang belum teraliri oleh listrik (DJK Kementerian ESDM, 2012) oleh karena itu dipandang sangat urgen untuk mengembangkan sumber energi listrik yang ramah terhadap lingkungan dan mampu mencukupi kebutuhan energi listrik dalam skala rumah tangga.

1.4 Temuan Yang Ditargetkan

Penelitian yang diajukan oleh pengusul ditargetkan mendapatkan prototipe turbin angin sumbu vertikal yang memiliki kinerja optimum dan mampu berkerja pada kecepatan angin rendah yaitu lebih kecil dari 3 m/s yang merupakan kecepatan rata-rata di Indonesia. Aplikasinya ditargetkan mampu menghasilkan daya listrik yang cukup untuk kebutuhan rumah tangga untuk mendukung kebijakan energi nasional yang bertujuan untuk mewujudkan

keamanan pasokan energi dalam negeri dengan sasaran tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 dan terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025 dengan kontribusi energi baru dan terbarukan lainnya yang didalamnya termasuk energi angin sebesar 5 % (PP No. 5 Tahun 2006).

1.5 Rencana Capaian Tahunan

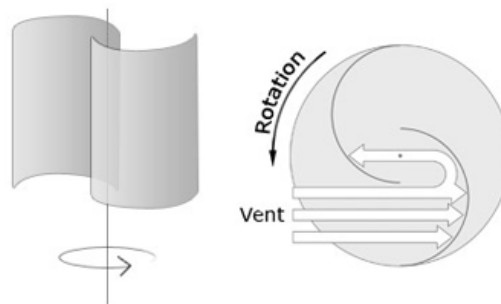
Adapun rencana capaian tahunan dari penelitian ini adalah:

No	Jenis Luaran		Indikator Capaian		
			TS	TS+1	TS+3
1	Publikasi Ilmiah	Internasional			
		Nasional Terakreditasi			
2	Pemakalah dalam temu ilmiah	Internasional			
		Nasional			
3	Invited Speaker dalam temu Ilmiah	Internasional			
		Nasional			
4	<i>Visiting Lecturer</i>	Internasional			
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten			
		Paten Sederhana			
		Hak Cipta			
		Merek Dagang			
		Rahasia Dagang			
		Desain Produk Industri			
		Indikasi Geografis			
		Perlindungan Varietas Tanaman			
		Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu			
6	Teknologi Tepat Guna				
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya Seni/Rekayasa Sosial				
8	Buku Ajar (ISBN)				
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)				

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

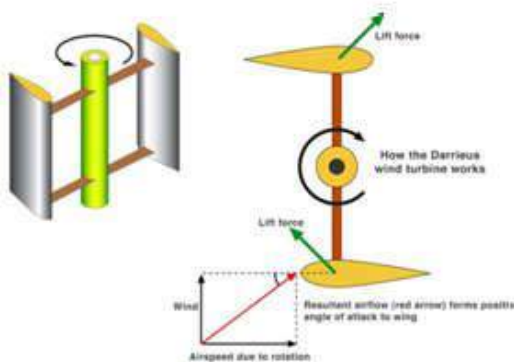
2.1 State of the art Penelitian

Turbin angin sumbu vertikal secara umum dibagi menjadi 2 jenis yaitu turbin angin tipe drag dan turbin angin tipe lift. Turbin angin tipe drag juga dikenal dengan tipe S yang pertama kali ditemukan oleh Sigurd Johannes Savonius pada 1922. Turbin angin ini bilahnya terdiri dari dua kurva atau lebih yang membentuk huruf S dengan prinsip kerja angin yang menerpa lengkungan bilah akan menimbulkan gaya drag, dimana gaya inilah yang akan memutar poros dari turbin angin Savonius.



Gambar 1. Prinsip kerja Turbin angin Savonius

Sedangkan turbin angin tipe lift ditemukan oleh ilmuwan Francis Georges Jean Marie Darrieus pada tahun 1927, dimana prinsip kerja dari turbin ini adalah bentuk bilahnya yang berupa airfoil yang posisinya membentuk sudut pitch sehingga aliran angin yang menimpa bilah membentuk gaya lift yang menyebabkan turbin berputar.



Gambar 2. Prinsip kerja Turbin angin Darrieus tipe-H

Pada akhir-akhir banyak penelitian yang dilakukan berkenaan karakteristik aerodinamis baik terhadap turbin angin Savonius maupun Darrieus tipe-H serta kombinasi ke-2 jenis turbin, baik dilakukan pada terowongan angin maupun simulasi dengan bantuan software CFD.

Adapun penelitian-penelitian terhadap turbin angin sumbu vertikal tipe S atau Savonius antara lain dilakukan oleh :

1. Kunio Irabu dkk (2007) meneliti pengaruh saluran pengarah udara berbentuk kotak terhadap karakteristik turbin angin Savonius. Hasil penelitian rasio luasan saluran pengarah 0,43 mampu meningkatkan efisiensi turbin 1,5 kali untuk turbin dengan jumlah bilah 3 dan 1,25 kali untuk turbin dengan jumlah bilah 2 daripada turbin angin Savonius tanpa saluran pengarah.
2. Burçin Deda Altan dkk (2010) melihat pengaruh pemakaian tirai di depan turbin angin Savonius terhadap kinerja baik dengan terowongan angin dan simulasi. Kinerja turbin angin meningkat lebih dari 100 % dari nilai efisiensi turbin tanpa tirai sebesar 15 % menjadi 37% ketika ditambah tirai di depan turbin pada tip speed ratio 0,4.
3. J. Kumbarnuss n dkk (2012) meneliti pengaruh perbandingan overlap dan pergeseran sudut pada turbin angin Savonius 1 tingkat dan 2 tingkat dengan jumlah bilah 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin Savonius satu tingkat dengan jumlah bilah 3 memiliki efisiensi terbaik pada kondisi perbandingan overlap 0,16 pada tip speed ratio 0,633 atau kecepatan angin 6 m/s sebesar 18,9 %, sedangkan pada turbin angin Savonius dua tingkat efisiensi terbaik pada pergeseran sudut 15^0 dengan kecepatan angin yang sama dengan turbin angin satu tingkat sebesar 19,9 % sehingga jika dibandingkan dengan turbin angin satu tingkat terjadi peningkatan efisiensi turbin sebesar 5 %.
4. N.H. Mahmoud dkk (2012) meneliti pengaruh jumlah bilah pada turbin angin Savonius dan jumlah tingkat pada berbagai perbandingan overlap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah bilah 2 memiliki efisiensi turbin angin yang terbaik sebesar 9 % pada kecepatan angin 10 m/s. Untuk

turbin angin 2 tingkat memiliki kinerja yang lebih baik daripada 1 tingkat dimana pada turbin Sovanius 2 tingkat memiliki daya spesifik sebesar 110 W/m^2 dibandingkan dengan 1 tingkat yang hanya tingkat memiliki daya spesifik sebesar 100 W/m^2 . Begitupula kondisi tanpa overlap lebih baik dengan overlap.

Untuk penelitian-penelitian terhadap turbin angin sumbu vertikal tipe H Darrieus antara lain dilakukan oleh :

1. Radu BOGĂȚEANU dkk (2010) melakukan prediksi kinerja aerodinamis dari turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H dengan metoda Faktor Gust dan momentum. Salah satu parameter yang dihitung adalah pengaruh jumlah bilah terhadap koefisien kinerja turbin angin (C_p), hasil perhitungan memaparkan bahwa semakin banyak jumlah bilah maka kecepatan angin awal yang diperlukan untuk menggerakkan turbin semakin rendah dengan C_p optimum pada rentang tip speed ratio antara 2 dan 3.
2. M. El-Samanoudy dkk (2010) melakukan penelitian beberapa parameter desain terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe H Darrieus di terowongan angin dengan 3 jenis bilah yaitu NACA 0024, NACA 4420 dan NACA 4520 dengan panjang chord 8, 12 dan 15 cm dan span 70 cm, untuk jumlah bilah yang diujikan 2,3 dan 4. Hasil penelitian memaparkan bahwa unjuk kerja terbaik diperoleh pada jumlah bilah 4 dengan jenis bilah NACA 0024 pada sudut pitch 10° .
3. Payam Sabaeifard dkk (2012) melakukan eksperimen dan simulasi dengan CFD untuk menentukan konfigurasi yang optimum pada turbin angin sumbu vertikal tipe H Darrieus dengan jenis bilah yang digunakan adalah NACA 0018. Salah satu aspek yang diteliti adalah jumlah bilah 2,3 dan 4, dimana hasil penelitian memaparkan efisiensi tertinggi diperoleh oleh turbin angin dengan jumlah bilah 3 sebesar 0,33 pada tip speed ratio 3,5. Namun untuk putaran rendah dari tip speed ratio 1 sampai dengan 3 jumlah bilah 4 menghasilkan efisiensi turbin yang terbaik.

4. Indra herlamba s (2012) meneliti pengaruh penambahan wind deflector pada turbin angin sumbu vertikal tipe H dengan jumlah bilah 3 profile bilah NACA 0018 pada sudut pitch yang besar. Hasil penelitian memaparkan bahwa dengan penambahan wind deflector meningkatkan efisiensi turbin sebesar 102 % daripada efisiensi turbin angin tanpa wind deflector, kondisi ini terjadi pada sudut pitch yang besar.
5. Indra herlamba s, dkk (2013) meneliti Pengaruh perubahan sudut pitch terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Tingkat Dua Dengan Bilah Profile Modified Naca 0018 dengan variable bebas berupa beban, kecepatan angin dan sudut pitch diperoleh hasil kinerja turbin angin sumbu vertikal Darrieus Tipe-H dua tingkat yang maksimum diperoleh pada sudut pitch 30^0 dengan kecepatan angin 4,4 m/s dengan daya yang dihasilkan 0,546 Watt dan koefisien kinerja 10,17 %.

Untuk meningkatkan kemampuan start sendiri banyak penelitian yang dilakukan dengan mengkombinasikan turbin angin Darrieus dengan Savonius seperti yang dilakukan beberapa peneliti berikut ini :

1. R. Gupta (2008) meneliti pengaruh kombinasi turbin angin Savonius dan Darrieus dengan jumlah bilah masing-masing tiga dengan susunan turbin angin Darrieus kemudian diatasnya turbin angin Savonius dengan variasi perbandingan overlap pada turbin angin Savonius. Hasil penelitian memaparkan bahwa kenaikan efisiensi yang terbaik terjadi pada kondisi bilah Turbin angin savonius tanpa perbandingan overlap sebesar 51 % daripada turbin angin Savonius tanpa kombinasi pada kondisi yang sama.
2. Fan Feng dkk (2012) meneliti pengaruh kombinasi turbin angin tipe H Darrieus dengan turbin angin Savonius dimana pada penelitian ini jumlah bilah yang digunakan 4. Hasil penelitian memaparkan bahwa adanya kombinasi ini dapat efisiensi maksimum 15,4 % pada tip speed ratio 2, hasil juga menunjukkan bahwa adanya kombinasi turbin dapat berputar pada kecepatan angin yang rendah.

Dari uraian diatas yang berkaitan hasil-hasil penelitian terdahulu, untuk mengembangkan prototipe turbin angin sumbu vertikal yang mampu beroperasi pada kecepatan rendah, pengusul mencoba dua model turbin angin yang akan dikembangkan dari turbin angin tipe H Darrieus yang dibuat bertingkat dengan variasi jumlah bilah dan kombinasi turbin angin tipe H Darrieus dengan turbin angin Savanius.

2.2 Parameter Kinerja Turbin Angin

Parameter-parameter Kinerja turbin angin sumbu vertikal yang digunakan dalam analisa aerodinamika dan energi antara lain:

1. Daya Turbin, adalah laju energi yang dapat diserap oleh turbin dari angin yang merupakan hasil perhitungan dari variabel yang diukur seperti beban, ketinggian dan waktu. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$P_T = \frac{m.g.h}{t} \quad (1)$$

dimana: P_T = daya (watt)

m = massa beban (Kg)

g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

h = tinggi (m)

t = waktu (det)

2. Daya Angin, adalah laju potensi energi yang tersedia oleh angin yang besarnya merupakan hasil pengukuran kecepatan angin dan data spesifik dari bilah yang mengikuti persamaan berikut :

$$P_A = 0,5 \rho U_A^3 S \quad (2)$$

dimana: ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

U_A = kecepatan angin (m/det)

S = Span Area (m^2)

3. Effisiensi turbin (C_p) adalah perbandingan daya yang dapat diserap turbin dengan daya angin yang mengikuti persamaan berikut :

$$C_p = \frac{P_T}{P_A} \quad (3)$$

4. Tip speed Ratio (λ) adalah perbandingan kecepatan bilah turbin dengan kecepatan angin di formulasikan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{U_A} \quad (4)$$

dimana: ω = Kecepatan putar turbin (rpm)

R = Panjang lengan pemegang bilah (m)

2.3. Roadmap Penelitian

Secara garis besar penelitian pengembangan turbin angin sumbu vertikal telah dilakukan peneliti sejak tahun 2012 dengan melakukan rancang bangun dalam skala model turbin angin sumbu vertikal berbasis turbin angin Darrieus tipe-H, kemudian dilanjutkan pada tahun 2013 dan 2014 penelitian ini didanai oleh Dikti dalam skim hibah bersaing dimana fokus penelitian ini adalah diperolehnya prototipe turbin angin untuk pembangkit listrik skala rumah tangga berbasis pengujian model di terowongan angin, pada tahap ini pengembangan yang dilakukan peneliti adalah membuat turbin angin Darrieus tipe-H dua tingkat dengan jumlah bilah per tingkat 3, sedangkan yang ada sekarang adalah turbin angin Darrieus tipe-H satu tingkat, kemudian jenis bilahnya juga peneliti kembangkan dengan memodifikasi bilah jenis airfoil NACA 0018. Untuk penelitian yang akan diajukan merupakan pengembangan model turbin angin Darrieus tipe-H dua tingkat yang diperoleh dari penelitian sebelumnya dengan bilah merupakan kombinasi Modified NACA 0018 dan bilah S pada tahun pertama dan kombinasi Modified NACA 0018 dan bilah C pada tahun kedua, model-model ini diujikan dalam terowongan angin. Pada tahun ke-3 model yang dihasilkan pada tahun pertama dan kedua dibandingkan kinerjanya dengan focus penelitian adalah mendapatkanku kinerja model turbin yang terbaik pada kecepatan angin rendah. Penelitian berikutnya adalah berkenaan dengan control bilah turbin secara mekanis baik aktif maupun pasif. Roadmap penelitian yang mencakup penelitian terdahulu dan rencana kedepan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 . Peta Jalan Penelitian Pengembangan Turbin Angin Sumbu Vertikal Skala Rumah Tangga 2012-2020

	PENELITIAN YANG TELAH DILAKUKAN		PENELITIAN YANG SEDANG BERJALAN	USULAN PENELITIAN			PENELITIAN LANJUTAN		
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
JUDUL	Rancang Bangun dan Uji Kinerja Turbin Angin Vertikal Axis Sebagai Upaya Pemanfaatan Angin Sebagai Sumber Energi Alternatif	PENGEMBANGAN PROTOTIPE TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA BERBASIS KINERJA MODEL di TEROWONGAN ANGIN		PENGEMBANGAN PROTOTIPE TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL BILAH HIBRID KECEPATAN ANGIN RENDAH SKALA RUMAH TANGGA BERBASIS KINERJA MODEL di TEROWONGAN ANGIN			PENGEMBANGAN PROTOTIPE KONTROL BILAH PADA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL SKALA RUMAH TANGGA BERBASIS KINERJA MODEL di TEROWONGAN ANGIN		
BASIS PENGEMBANGAN VATW	Turbin Angin Darrieus tipe H	Turbin Angin Darrieus tipe H	Turbin Angin Darrieus tipe H	Kombinasi Darrieus H dan Sovanius	Kombinasi Darrieus dan Curve Blade	Kombinasi yang terbaik	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017
JENIS BILAH	Airfoil NACA 0018	1. Airfoil NACA 0018 2. Airfoil Modified NACA 0018	Airfoil Modified NACA 0018	Kombinasi Modified NACA 0018 dengan S Curve	Kombinasi Modified NACA 0018 dengan C Curve	Kombinasi yang terbaik	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017
JUMLAH BILAH	3	4 dan 6	6	6 Modified NACA 0018 dan 1 dan 2 S Curve	6 Modified NACA 0018 dan 8,10 dan 12 C Curve	Kombinasi yang terbaik	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017
JUMLAH TINGKAT	1	2	2	2	2	2	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017	Hasil yang terbaik tahun 2017
KENDALI BILAH	-	-	-	-	-	-	Pasif	Aktif	Kombinasi Aitif dan pasif
VARIABEL PENELITIAN	1.Kecepatan angin 2.Sudut serang 3.Dengan dan tanpa Deflektor	1.Kecepatan angin 2.Sudut serang 3.Dengan dan tanpa Deflektor	1. Kecepatan Angin di lapangan	1.Kecepatan angin 2.Sudut serang 3.Dengan Deflektor	1.Kecepatan angin 2.Sudut serang 3.Dengan Deflektor	1. Kecepatan Angin di lapangan	1.Kec angin 2.Sudut serang 3.Dengan Deflektor	1.Kec angin 2.Sudut serang 3.Dengan Deflektor	1. Kecepatan Angin di lapangan
HASIL	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya Listrik 2 Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio	1. Daya turbin 2. Koef kinerja 3. Tip Speed Rasio
LOKASI	Terowongan Angin	Terowongan Angin	Lapangan	Terowongan Angin	Terowongan Angin	Lapangan	Terowongan Angin	Terowongan Angin	Lapangan
PRODUK	MODEL	MODEL	PROTOTIPE	MODEL	MODEL	PROTOTIPE	MODEL	MODEL	PROTOTIPE

BAB III.

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan

Penelitian yang diusulkan memiliki beberapa tujuan antara lain :

1. Mendapatkan database karekteristik aerodimanis desain model turbin angin sumbu vertikal dengan bilah hybrid Kurva S dan Kurva C di terowong angin.
2. Mendapatkan database karekteristik aerodimanis desain prototipe turbin angin sumbu vertikal dengan bilah hybrid Kurva S dan Kurva C di kondisi angin real.
3. Mendapatkan model turbin angin sumbu vertikal dengan bilah hybrid Kurva S dan Kurva C yang mampu berkerja pada kecepatan angin yang rendah.

3.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan pada penelitian yang diusulkan tujuan antara lain :

1. Menambah pengayaan bahan ajar mesin konversi energi yang berkenaan dengan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah hybrid Kurva S dan Kurva C.
2. Mendapatkan model turbin angin sumbu vertikal dengan bilah hybrid Kurva S dan Kurva C untuk bahan visualisasi mata kuliah mesin konversi energi.
3. Mendapatkan prototipe turbin angin yang sesuai dengan karekteristik angin di Indonesia.

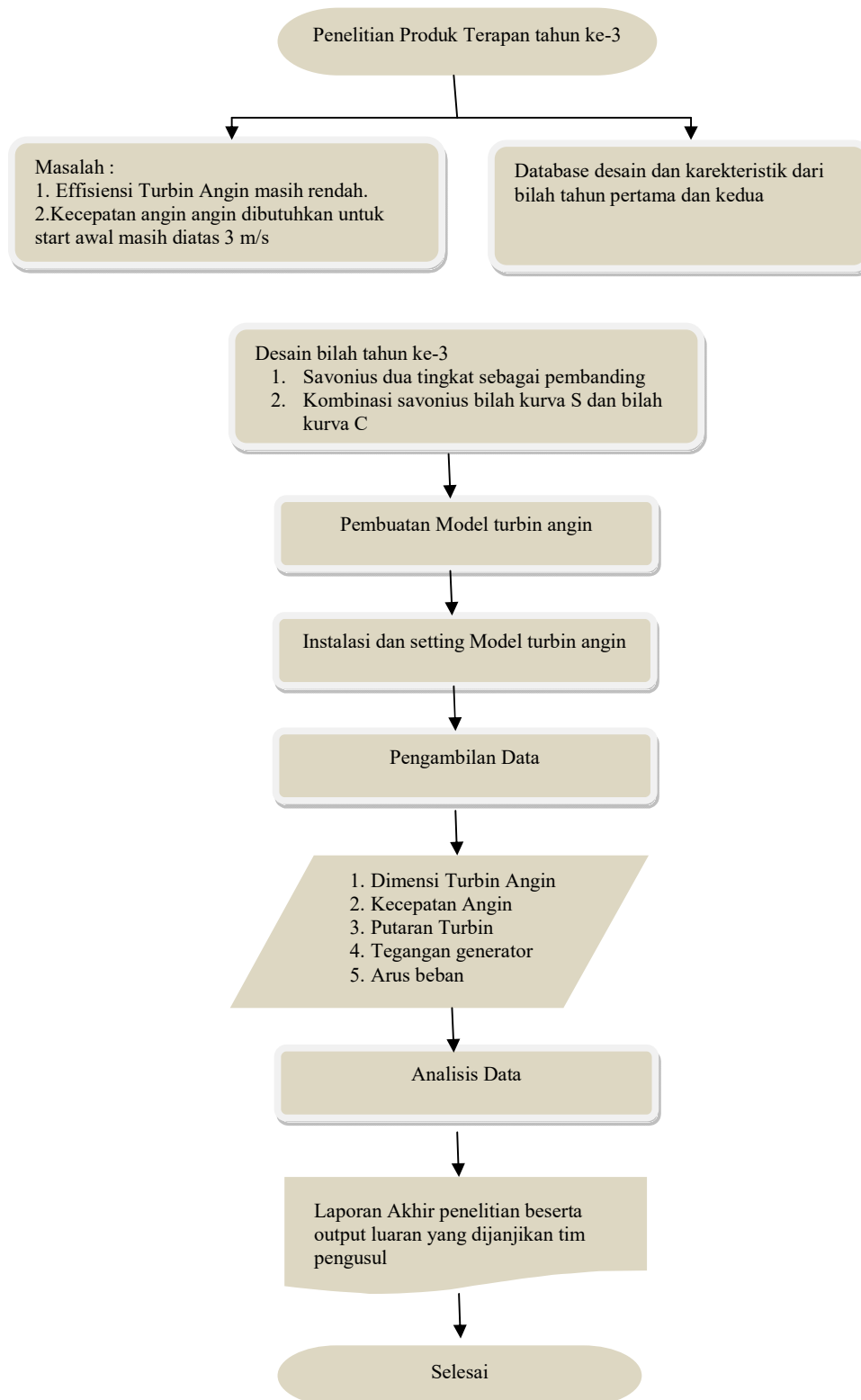
BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah suatu bagan yang menggambarkan langkah-langkah dalam pelaksanaan selama penelitian dilakukan. Pada tahun pertama penelitian dilakukan dengan menguji dari rancangan model turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan bilah merupakan kombinasi Modified NACA 0018 dengan bilah S di terowongan angin dengan berbagai perlakuan untuk mendapatkan data kinerja turbin yang optimum dan sesuai dengan yang ditargetkan. Begitupula pada tahun ke-2 dengan model turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan bilah merupakan kombinasi Modified NACA 0018 dengan bilah C. Lokasi pengujian dilakukan di laboratorium mekanika fluida teknik mesin Universitas Negeri Surabaya.

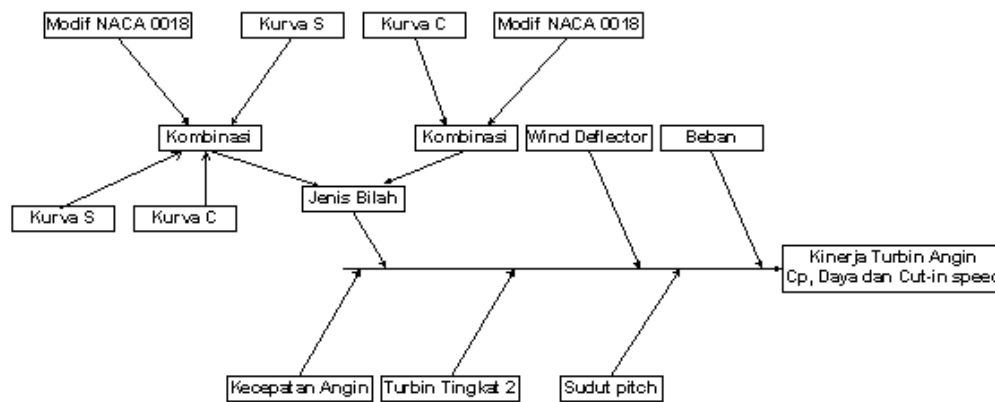
Pada tahun ketiga model turbin angin sumbu vertikal yang menghasilkan kinerja terbaik pada kecepatan angin rendah dibuatkan prototipenya dalam skala rumah tangga untuk diuji kinerjanya berupa daya turbin, koefisien unjuk kerja dan cut-in speed dengan braking rope system dengan kecepatan angin di lapangan. Rencana lokasi yang akan digunakan adalah pantai kenjeran atau lantai 4 gedung laboratorium terpadu fakultas teknik universitas negeri surabaya. Adapun secara garis besar bagan alir penelitian tahun ke-3 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian produk terapan tahun ketiga

4.2. Metodologi Penelitian

Penelitian yang diajukan pengusul adalah penelitian eksperimental yang bertujuan menganalisis hubungan antara variabel bebas yang diujikan dan variabel respon yang kemudian dianalisa setelah itu hasil analisa disajikan dalam bentuk gambar ataupun paparan dimana hubungan antara variabel bebas yang diujikan dan variabel respon dalam bentuk fish diagram berikut ini.

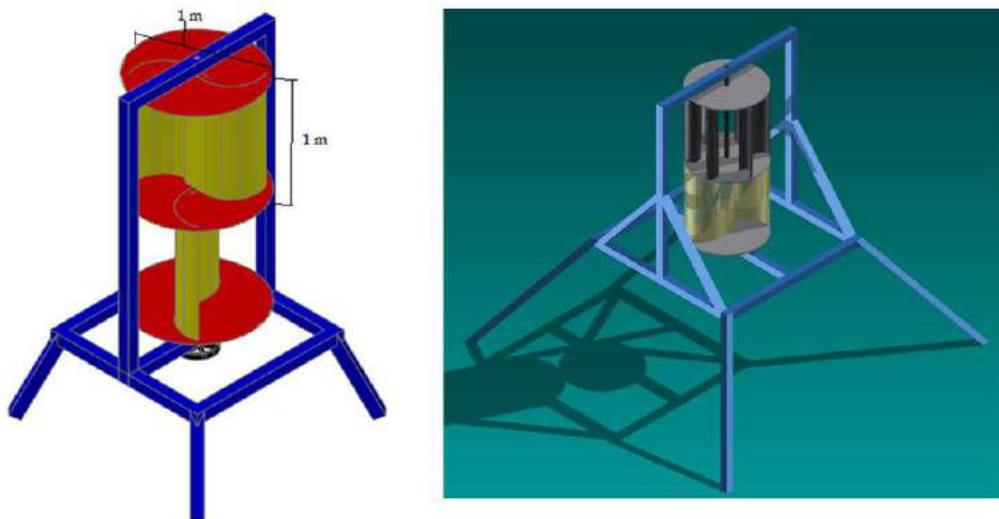


Gambar 4. Diagram fishbone hubungan variabel bebas dengan variabel respon

Agar tujuan dari penelitian ini tercapai maka perlu diuraikan beberapa hal antara lain:

1. Lokasi Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Negeri Surabaya pada tahun pertama dan kedua dan uji lapangan di Pantai kenjeran atau lantai 4 Gedung Laboratorium terpadu Universitas Negeri Surabaya pada tahun ke-3.
2. Variabel respon dari penelitian berupa efisiensi turbin (C_p), Daya turbin (P_T), Efisiensi overall (η).
3. Variabel bebas dari penelitian untuk tahun ketiga antara lain
 - Untuk model tahun ketiga Savonius dua tingkat sebagai pembanding

- a. Variasi sudut lengkung blade 125° , 130° , 135°
 - b. Kecepatan angin 2,5 s/d 6 m/s
 - c. Jumlah bilah turbin angin tipe S 2 buah
 - d. Beban lampu 10 W.
- Untuk model tahun ketiga Kombinasi bilah Savonius yang terbaik pada penelitian dua tingkat sebagai pembanding dengan bilah kurva C
 - a. Variasi jumlah sudu tipe C 6, 8 dan 12 sudu
 - b. Kecepatan angin 2,5 s/d 6 m/s
 - c. Jumlah bilah turbin angin tipe S 2 buah
 - d. Beban lampu 10 W.
4. Parameter yang diukur antara lain
- a. Putaran turbin (rpm)
 - b. Kecepatan angin (m/s)
 - c. Tegangan generator (V)
 - d. Arus Beban (A).
5. Peralatan dan Instrumen Penelitian
- Peralatan dan instrumen merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian. Rangkaian peralatan dan instrumen dapat dilihat pada gambar 5 yang terdiri dari :
- a. Satu set dudukan turbin angin dan turbin angin.
 - b. Generator.
 - c. Transmission set .



Gambar 5. Ilustrasi rangkaian instrumen penelitian

Prosedur Penelitian

1. Turbin angin bergerak.
2. Ukur kecepatan angin.
3. Baca tegangan yang dihasilkan generator
4. Baca Arus yang dihasilkan generator
5. Ukur putaran turbin.
6. Lakukan langkah 1 sampai 6 tiap 15 menit.
7. Ulangin langkah sampai dengan melakukan perubahan pada kecepatan angin dan beban pada poros.

Tabel 2. Rencana format pengumpulan data

Tanggal : Jumlah bilah:
 Pukul : Luasan sapuan:
 Model Turbin : Sudut Pitch :

Percobaan Ke.	Kec Angin (m/s)	Putaran turbin (rpm)	Udara Temp(⁰ C)	Multitester	
				Tegangan (V)	Arus (A)
1					
2					
3					

Teknik Analisis Data

Analisis data dilaksanakan dengan menelaah data hasil rata-rata yang telah dimasukkan ke dalam tabel. Langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut dengan menggunakan persamaan 1 sampai 4 seperti yang dipaparkan pada bab tinjauan pustaka lalu menyajikannya dalam bentuk tabel dan gambar. Langkah berikutnya adalah menginterpretasikan data tersebut dalam bentuk pembahasan dengan mengacu dari studi pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu. Kemudian menarik kesimpulan dari hasil pembahasan tersebut.

BAB V

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil penelitian

5.1.1 Savonius dua tingkat sebagai pembanding

Hasil yang dicapai saat ini adalah telah selesainya prototipe turbin angin savonius dua tingkat yang telah terinstalasi di lantai 3 gedung laboratorium terpadu terlihat di gambar 6.



Gambar 6. Instalasi Savonius dua tingkat

Adapun data yang diperoleh disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian turbin angin savonius dua tingkat

Variasi sudut lengkung blade	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
125°	2,47	21	9,2	0,41
	3,42	42	19,7	0,62
	4,79	64	28,6	0,74
	5,26	73	34,3	0,79
	6,73	98	48,3	0,98
130°	2,67	17	7,4	0,32
	3,52	39	18,9	0,59
	4,64	61	21,4	0,63
	5,69	81	38,7	0,81
	6,46	89	40,9	0,86
135°	2,78	16	6,8	0,29
	3,26	36	15,7	0,51
	4,83	59	20,6	0,68
	5,62	79	35,9	0,79
	6,67	90	41,5	0,89

5.1.2 Analisa

1. Daya Turbin Angin

Untuk mengetahui daya turbin angin dalam penelitian ini, digunakan data untuk perhitungan dengan contoh sebagai berikut :

- Densitas udara (ρ) : 1,225 kg/m³
- Luas penampang turbin (A) : 2 m²
- Kecepatan angin (V) : Data dapat dilihat pada tabel 4

Perhitungan daya yang dihasilkan turbin angin :

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 2 \times 2,47^3$$

$$P_w = 18,459 \text{ watt}$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan pada tabel 4.

Tabel 4. Daya turbin angin

Variasi sudut lengkung blade	Kecepatan Angin (m/s)	Daya angin (Watt)
125°	2,47	18,46
	3,42	49,00
	4,79	134,63
	5,26	178,28
	6,73	373,41
130°	2,67	23,32
	3,52	53,43
	4,64	122,37
	5,69	225,67
	6,46	330,24
135°	2,78	26,32
	3,26	42,44
	4,83	138,03
	5,62	217,44
	6,67	363,51

2. TSR

Nilai TSR perbandingan kecepatan angin dengan putaran turbin (λ)

dihitung dengan contoh sebagai berikut :

1. Putaran turbin (rpm) : dapat dilihat pada tabel 4.3

2. Diameter tubin (m) : 1 meter

$$3. \text{ Blade tip speed} = \frac{\text{rpm} \times \pi \times D}{60} = \frac{21 \times 3,14 \times 1}{60} = 1,099$$

4. Kecepatan angin m/s : dapat dilihat pada tabel 4.3

$$\lambda = \frac{\text{blade tip speed}}{\text{kec. angin}}$$

$$\lambda = \frac{1,099}{2,47}$$

$$\lambda = 0,44$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai TSR yang dihasilkan turbin

Variasi sudut lengkung blade	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (Rpm)	TSR
125°	2,47	21	0,44
	3,42	42	0,64
	4,79	64	0,69
	5,26	73	0,73
	6,73	98	0,76
130°	2,67	17	0,33
	3,52	39	0,58
	4,64	61	0,69
	5,69	81	0,74
	6,46	89	0,72
135°	2,78	16	0,30
	3,26	36	0,58
	4,83	59	0,64
	5,62	79	0,74
	6,67	90	0,71

3. Daya elektrik generator

Perhitungan daya elektrik yang dihasilkan oleh generator diketahui dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Tegangan (Volt) : dapat dilihat pada tabel 6

2. Kuat arus (Ampere) : dapat dilihat pada tabel 6

$$P_g = V \times I$$

$$P_g = 9,2 \text{ volt} \times 0,41 \text{ ampere}$$

$$P_g = 3,772 \text{ watt}$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan pada tabel 6.

Tabel 6. Daya elektrik generator

Variasi sudut lengkung blade	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Daya elektrik (watt)
125°	9,2	0,41	3,77
	19,7	0,62	12,21
	28,6	0,74	21,16
	34,3	0,79	27,10
	48,3	0,98	47,33
130°	7,4	0,32	2,37
	18,9	0,59	11,15
	21,4	0,63	13,48
	38,7	0,81	31,35
	40,9	0,86	35,17
135°	6,8	0,29	1,97
	15,7	0,51	8,00
	20,6	0,68	14,00
	35,9	0,79	28,36
	41,5	0,89	36,94

4. Perhitungan efisiensi turbin diketahui dengan contoh sebagai berikut :

1. Daya elektrik generator (P_g) : data tabel 4.5

2. Daya turbin angin (P_w) : data tabel 4.5

$$\eta = \frac{P_g}{P_w} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{3,772}{18,459} \times 100 \%$$

$$\eta = 20 \%$$

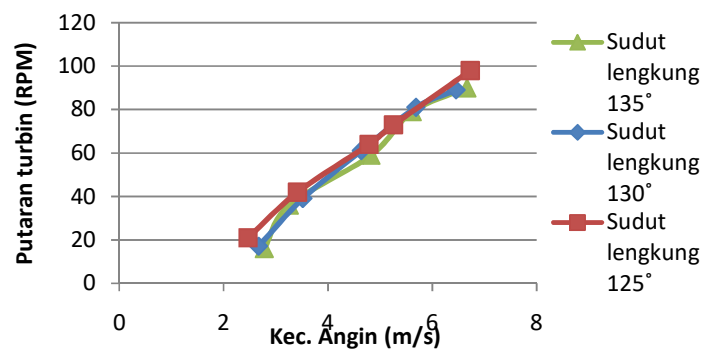
Untuk selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan pada tabel 7.

Tabel 7. Efisiensi yang dihasilkan turbin

Variasi sudut lengkung blade	Daya Turbin angin (Watt)	Daya elektrik (watt)	Efisiensi (%)
125°	18,46	3,77	20,43
	49,00	12,21	24,92
	134,63	21,16	15,72
	178,28	27,10	15,19
	373,41	47,33	12,67
130°	23,32	2,37	10,15
	53,43	11,15	20,87
	122,37	13,48	11,01
	225,67	31,35	13,89
	330,24	35,17	10,65
135°	26,32	1,97	7,49
	42,44	8,00	18,86
	138,03	14,00	10,14
	217,44	28,36	13,04
	363,51	36,94	10,16

5.1.3 Pembahasan

1. Variasi Sudut Lengkung Blade Terhadap Putaran Turbin

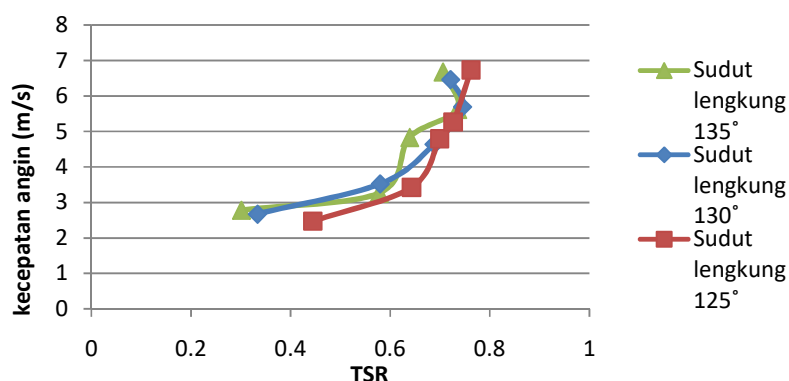


Gambar 7. Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin

Berdasarkan gambar 7 kecepatan angin berbanding lurus dengan Putaran poros turbin. Dari beberapa variasi kelengkungan blade menunjukkan

kemampuan start awal turbin dengan pengujian variasi sudut lengkung blade 125° pada kecepatan angin 2,47 m/s menghasilkan putaran sebesar 21 rpm. Pengujian variasi sudut lengkung blade 130° pada kecepatan angin 2,67 m/s mengalami penurunan menjadi 17 rpm. Pengujian variasi sudut lengkung blade 135° pada kecepatan angin 2,78 m/s mengalami penurunan distart awal dan menghasilkan putaran 16 rpm. Putaran tertinggi yang dihasilkan oleh turbin dengan variasi 125° sebesar 98 rpm pada kecepatan angin 6,7 m/s. Variasi sudut lengkung blade 130° mengalami penurunan menjadi 89 rpm pada kecepatan angin 6,46 m/s . dan variasi sudut lengkung blade 135° sebesar 90 rpm pada kecepatan angin 6,67 m/s. Dapat dilihat bahwa variasi perubahan sudut lengkung blade 125° mempunyai kemampuan start awal yang lebih baik dan menghasilkan putaran tertinggi disetiap rata-rata kecepatan angin. Hal ini terjadi dikarenakan profil luas penampang turbin sudut lengkung blade 125° lebih besar sehingga efek gaya dorong yang ditimbulkan oleh angin memberikan tekanan yang lebih besar pada turbin dari pada variasi lainnya.

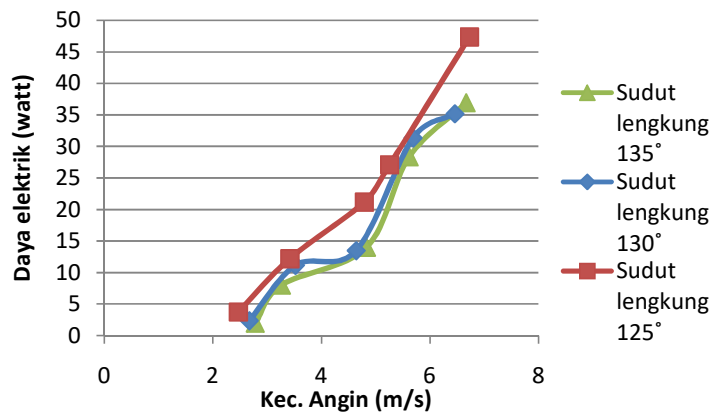
2. Variasi Sudut Lengkung blade Terhadap nilai TSR



Gambar 8. Grafik hubungan TSR dengan kecepatan angin

Berdasarkan gambar 8 diatas, dapat dilihat bahwa nilai perbandingan putaran turbin dengan kecepatan angin (TSR) tertinggi yang dicapai oleh turbin angin savonius Tipe S dua tingkat pada kondisi angin real dengan variasi sudut lengkung blade 125° sebesar 0,76 pada kecepatan angin 6,73 m/s. Variasi lengkung blade 130° mengalami penurunan menjadi sebesar 0,72 pada kecepatan angin 6,46 m/s. Variasi sudut lengkung blade 135° juga menurun menjadi 0,71 pada kecepatan angin 6,67 m/s. Turbin dengan variasi sudut lengkung blade 125° memiliki nilai TSR yang relatif stabil pada kecepatan anginnya karena gaya drag yang diterima lebih besar dari variasi lainnya.

3. Variasi Sudut Lengkung blade Terhadap Daya Elektik Generator

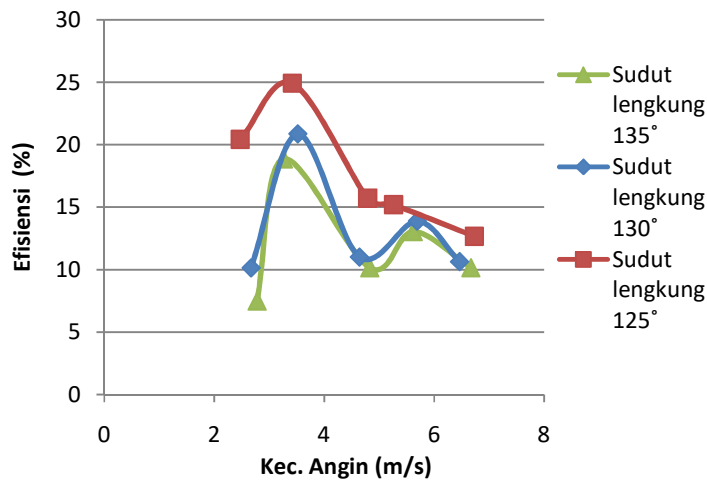


Gambar 9. Grafik hubungan daya elektrik generator dengan kecepatan angin

Berdasarkan gambar 9 diatas, daya yang dihasilkan oleh generator berbanding lurus dengan kecepatan angin. Daya generator merupakan hasil perkalian antara tegangan dengan kuat arus. Jika kecepatan angin semakin

tinggi maka daya generator akan semakin besar. dapat kita lihat bahwa daya elektrik generator tertinggi yang dihasilkan generator tertinggi ditunjukkan oleh turbin savonius dengan variasi sudut kelengkungan 125° sebesar 47,33 watt dicapai pada kecepatan angin 6,73 m/s, variasi sudut kelengkungan 130° sebesar 35,17 watt pada kecepatan angin 6,46 m/s. Variasi 135° sebesar 36,94 watt pada kecepatan angin 6,67 m/s. Nilai daya elektrik yang dihasilkan generator dipengaruhi oleh kecepatan angin dan putaran poros turbin.

4. Variasi Sudut Lengkung blade Terhadap Efisiensi Turbin



Gambar 10. Grafik hubungan efisiensi turbin terhadap kecepatan angin

Berdasarkan Gambar 10 yang ditunjukkan diatas, efisiensi tertinggi turbin dihasilkan dengan variasi perubahan sudut lengkung 125° sebesar 24,92 % di capai pada kecepatan angin 3,42 m/s. Variasi sudut lengkung blade 130° sebesar 20,87 % dicapai pada kecepatan angin 3,52 m/s. Variasi

sudut lengkung 135° sebesar 18,86 % dicapai pada kecepatan angin 3,26 m/s. Efisiensi yang dihasilkan turbin dipengaruhi oleh hasil perbandingan daya generator dengan daya turbin angin, daya generator tertinggi rata-rata dihasilkan oleh turbin dengan variasi sudut lengkung 125° karena gaya drag yang ditimbulkan pada permukaan lengkungan blade lebih besar sehingga putaran poros yang ditimbulkan juga semakin besar.

5.2.1 Kombinasi bilah Savonius dengan bilah kurva C

Untuk prototipe turbin angin dengan bilah hybrid berupa kombinasi bilah savonius dua tipe J pada tingkat pertama dan bilah kurva C atau crossflow pada tingkat yang kedua telah terinstalasi di lantai 3 gedung laboratorium terpadu terlihat di gambar 11.



Gambar 11. Instalasi Prototipe turbin angin dengan bilah hybrid

Adapun variable bebas pada penelitian saat ini adalah jumlah bilah kurva C nya 6, 8 dan 12 sedangkan bilah Savonius tipe J tetap berjumlah 2 adapun data pengujian dari masing masing kombinasi dapat dilihat pada table berikut ini

Tabel 8. Hasil Pengujian turbin angin bilah hybrid berupa kombinasi bilah savonius dua tipe J dan bilah kurva C susunan dua tingkat

Jumlah Bilah C 6 dan bilah Savoius tipe J 2				
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran (rpm)
1	2.55	3.4	0.26	24.4
2	2.75	5.6	0.33	20
3	2.8	6.9	0.34	20.8
4	2.87	7.2	0.32	22.5
5	3	17	0.2	21.7
6	3.02	8.7	0.42	38.2
7	3.89	17.2	0.59	59.9
8	4.19	18	0.61	52.6
9	4.45	18.7	0.61	55.6
10	4.53	19.2	0.61	48.6
11	4.91	19.8	0.55	56.3
12	5.4	20.1	0.64	69.8
13	6.08	21.7	0.68	58.4
14	6.31	27.1	0.59	91.2
Jumlah Bilah C 8 dan bilah Savoius tipe J 2				
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran (rpm)
1	2.54	1.7	0.18	21.5
2	2.67	2	0.2	38.7
3	2.73	2.5	0.22	37.2
4	3.01	5	0.31	28.2
5	3.04	5.1	0.31	28.4
6	3.34	6.9	0.33	34.8
7	3.35	8.3	0.34	45.4
8	3.5	10.1	0.44	44.7
9	4.07	10.8	0.45	26.3
10	4.08	11	0.46	44.9
11	4.16	10.9	0.46	49.7
12	4.36	11	0.46	80.9
13	4.39	11.8	0.46	48.3

Tabel 8. Hasil Pengujian turbin angin bilah hybrid berupa kombinasi bilah avonius dua tipe J dan bilah kurva C susunan dua tingkat (lanjutan)

Jumlah Bilah C 6 dan bilah Savoius tipe J 2				
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran (rpm)
14	5.16	16.5	0.58	63.6
15	5.2	15.3	0.56	88.3
16	5.45	17	0.54	49.9
17	5.83	19.4	0.57	92.2
18	5.99	20.4	0.65	135
19	6.06	21.4	0.66	90.6
20	6	21.7	0.63	93.8
21	6.32	21.9	0.63	134.2
22	6.38	23	0.69	116.8
23	6.54	24	0.67	120.5
Jumlah Bilah C 12 dan bilah Savoius tipe J 2				
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran (rpm)
1	2.31	9.4	0.37	41.6
2	2.54	9.8	0.37	40.4
3	3.07	11.3	0.51	60.8
4	3.11	12.1	0.42	51.5
5	3.59	15.5	0.48	58.6
6	4.02	16.1	0.57	76.1
7	4.32	16.2	0.6	79.5
8	4.6	17.4	0.68	85.4
9	4.82	21.8	0.58	97.5
10	5.27	23.7	0.61	104.9
11	5.53	23.8	0.58	106.1
12	5.85	25	0.63	130
13	6.21	29.5	0.69	135.3
14	6.34	27.9	0.67	142
15	6.47	23.6	0.61	153.7

5.2.2 Analisa

Untuk mengetahui parameter yang dihasilkan oleh turbin angin dalam penelitian ini, digunakan data untuk perhitungan dengan contoh data ke-20 dari Jumlah Bilah C 8 dan bilah Savoius tipe J 2 sebagai berikut :

- a. Densitas udara (ρ) : 1,225 kg/m³
- b. Luas penampang turbin (A) : 2 m²
- c. Kecepatan angin (v) : 6 m/s
- d. Tegangan (V) : 21, 7 V
- e. Arus (I) : 0,63 A
- f. Putaran (ω) : 93,8 rpm

Perhitungan daya angin sebagai berikut :

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 2 \times 6^3$$

$$P_w = 264,6 \text{ watt}$$

Perhitungan daya listrik yang dihasilkan turbin angin sebagai berikut :

$$P_g = V I$$

$$P_g = 21, \times 0,63$$

$$P_g = 13,23 \text{ Watt}$$

Perhitungan efisiensi yang dihasilkan turbin angin sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_g}{P_w} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{13,23}{264,69} \times 100 \% = 5 \%$$

Perhitungan nilai Tip Speed Ratio (λ) yang dihasilkan turbin angin sebagai berikut :

$$\text{Blade tip speed} = \frac{93,8 \times \pi \times D}{60} = 9,82 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{\text{blade tip speed}}{\text{kec. angin}} = \frac{9,82}{6} = 1,63$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan pada tabel 9.

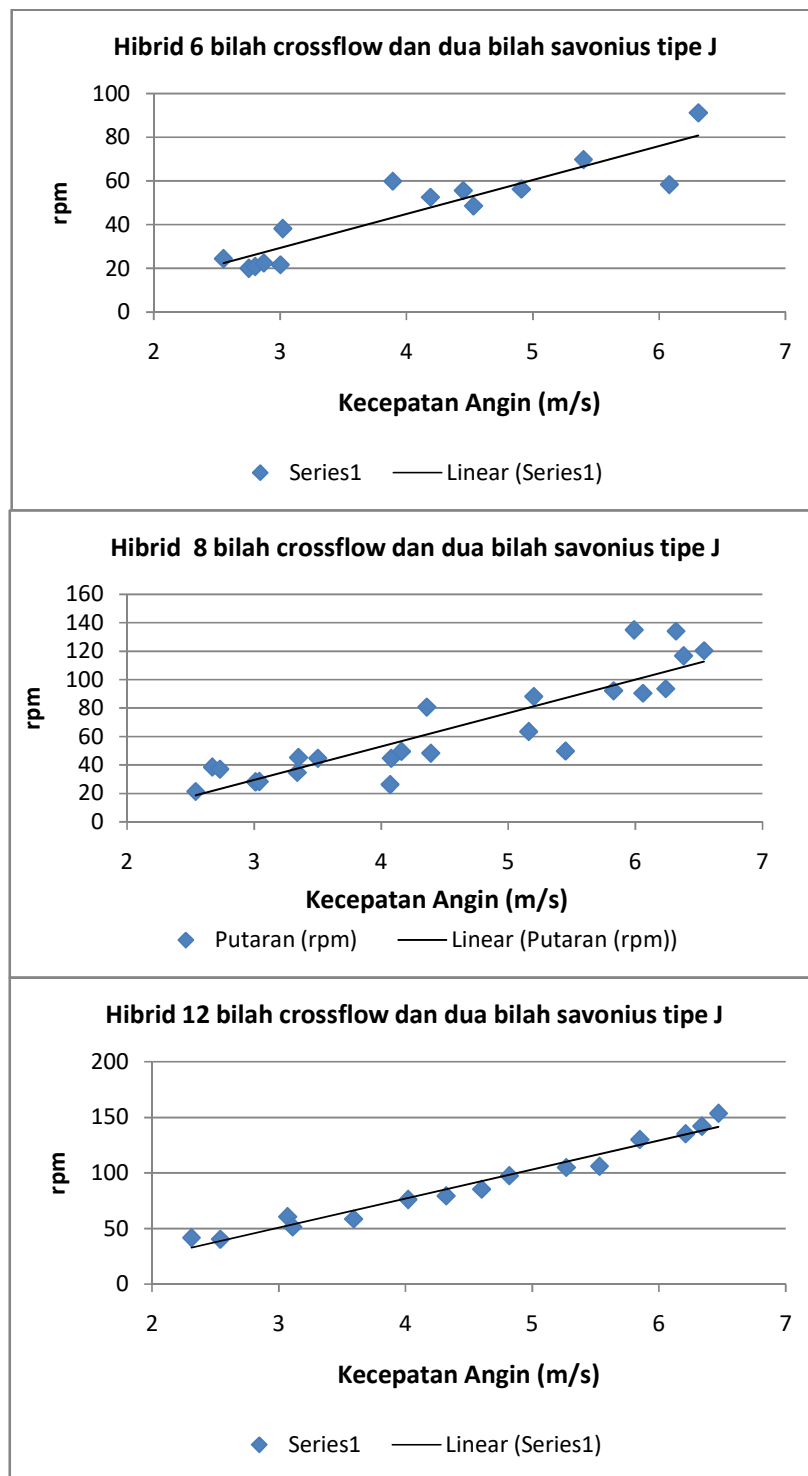
Tabel 9. Hasil Perhitungan parameter hasil pengujian turbin angin bilah hybrid berupa kombinasi bilah Savonius dua tipe J dan bilah kurva C susunan dua tingkat

Jumlah Bilah C 6 dan bilah Savoius tipe J 2					
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Pw)	Daya Generator (Pg)	Effisiensi (η)	Tip Speed Ratio (λ)
1	2.55	19.90	0.88	4.44	0.50
2	2.75	24.96	1.85	7.40	0.38
3	2.8	26.34	2.35	8.91	0.39
4	2.87	28.37	2.30	8.12	0.41
5	3	32.40	3.40	10.49	0.38
6	3.02	33.05	3.65	11.06	0.66
7	3.89	70.64	10.15	14.37	0.81
8	4.19	88.27	10.98	12.44	0.66
9	4.45	105.75	11.41	10.79	0.65
10	4.53	111.55	11.71	10.50	0.56
11	4.91	142.04	10.89	7.67	0.60
12	5.4	188.96	12.86	6.81	0.68
13	6.08	269.71	14.76	5.47	0.50
14	6.31	301.49	15.99	5.30	0.76
Jumlah Bilah C 8 dan bilah Savoius tipe J 2					
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Pw)	Daya Generator (Pg)	Effisiensi (λ)	Tip Speed Ratio (λ)
1	2.54	19.66	0.31	1.56	0.44
2	2.67	22.84	0.40	1.75	0.76
3	2.73	24.42	0.55	2.25	0.71
4	3.01	32.73	1.55	4.74	0.49
5	3.04	33.71	1.58	4.69	0.49
6	3.34	44.71	2.28	5.09	0.55
7	3.35	45.11	2.82	6.26	0.71
8	3.5	51.45	4.44	8.64	0.67

Tabel 9. Hasil Perhitungan parameter hasil pengujian turbin angin bilah hybrid berupa kombinasi bilah Savonius dua tipe J dan bilah kurva C susunan dua tingkat

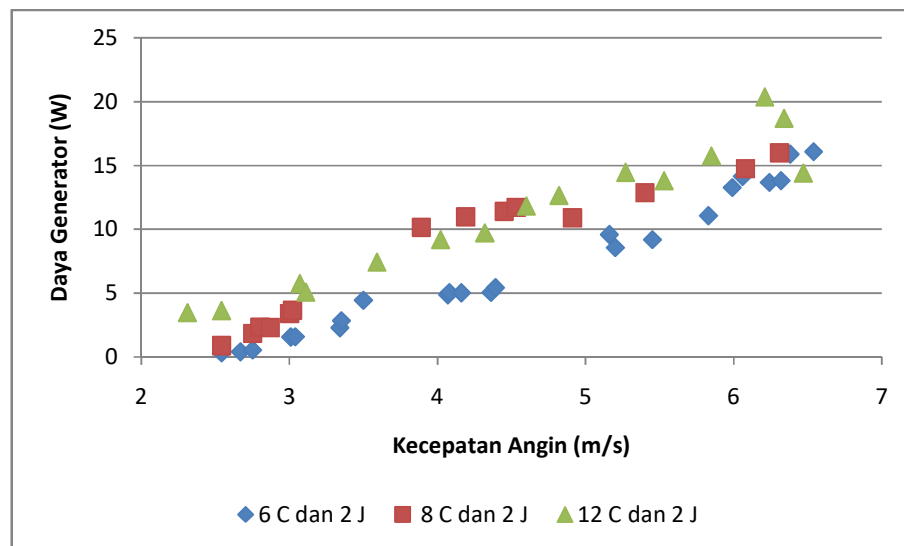
Jumlah Bilah C 8 dan bilah Savoius tipe J 2					
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Pw)	Daya Generator (Pg)	Effisiensi (λ)	Tip Speed Ratio (λ)
9	4.07	80.90	4.86	6.01	0.34
10	4.08	81.50	5.06	6.21	0.58
11	4.16	86.39	5.01	5.80	0.63
12	4.36	99.46	5.06	5.09	0.97
13	4.39	101.53	5.43	5.35	0.58
14	5.16	164.87	9.57	5.80	0.65
15	5.2	168.73	8.57	5.08	0.89
16	5.45	194.25	9.18	4.73	0.48
17	5.83	237.79	11.06	4.65	0.83
18	5.99	257.91	13.26	5.14	1.18
19	6.06	267.05	14.12	5.29	0.78
20	6	291.56	13.67	4.69	0.79
21	6.32	302.92	13.80	4.55	1.11
22	6.38	311.63	15.87	5.09	0.96
23	6.54	335.67	16.08	4.79	0.96
Jumlah Bilah C 12 dan bilah Savoius tipe J 2					
Data Ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Pw)	Daya Generator (Pg)	Effisiensi (λ)	Tip Speed Ratio (λ)
1	2.31	14.79	3.48	23.51	0.65
2	2.54	19.66	3.63	18.44	0.89
3	3.07	34.72	5.76	16.60	0.48
4	3.11	36.10	5.08	14.08	0.83
5	3.59	55.52	7.44	13.40	1.18
6	4.02	77.96	9.18	11.77	0.78
7	4.32	96.75	9.72	10.05	0.79
8	4.6	116.80	11.83	10.13	1.11
9	4.82	134.38	12.64	9.41	0.96
10	5.27	175.64	14.46	8.23	0.96
11	5.53	202.93	13.80	6.80	0.65
12	5.85	240.24	15.75	6.56	0.89
13	6.21	287.38	20.36	7.08	0.48
14	6.34	305.81	18.69	6.11	0.83
15	6.47	325.01	14.40	4.43	1.18

5.2.3 Pembahasan



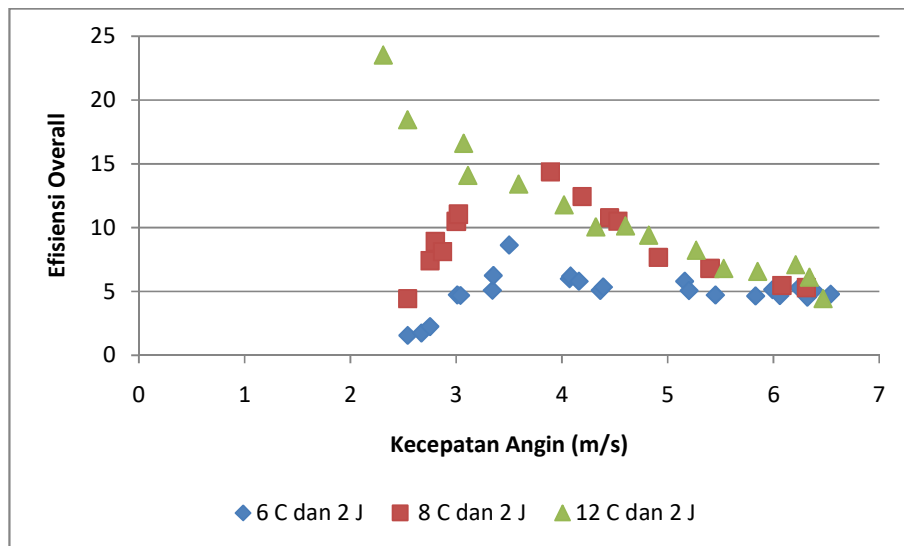
Gambar 12. Pengaruh kecepatan angin terhadap putaran turbin angin

Gambar 12 menunjukkan jumlah bilah kurva C berpengaruh terhadap start awal dan cut in speed (almaaithah, 1993), dimana seiring bertambahnya jumlah bilah kurva C pada prototipe turbin angin bilah hibrid yang diujikan membuat turbin angin mampu berputar lebih awal dan lebih cepat sehingga cut in speednya juga ikut tereduksi. Hasil penelitian memaparkan bahwa untuk kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah savonius tipe J 2 memiliki cut in speed sebesar 2,31 m/s dengan putaran turbin 41,6 rpm. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh winardi (2004) bahwa semakin kecil jarak celah yang ditandai dengan semakin banyak jumlah bilah sudu semakin banyak menangkap energi dari suatu aliran, hal ini dapat dilihat pada gambar 13, dimana kombinasi jumlah bilah kurva C 12 memiliki daya konversi yang tinggi pada putaran rendah.



Gambar 13. Grafik hubungan daya elektrik generator dengan kecepatan angin

Berdasarkan gambar 13 juga terlihat bahwa kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah Savonius 2 memiliki daya konversi yang tinggi pada putaran rendah, sedangkan pada rentang kecepatan angin 4-5 m/s daya yang dihasilkan jika dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh kombinasi jumlah bilah kurva C 8 dan jumlah bilah Savonius 2 relatif sama. Namun untuk kecepatan angin diatas m/s daya dihasilkan oleh kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah Savonius 2 lebih tinggi dari kombinasi lainnya dikarenakan pada kombinasi kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah Savonius 2 memiliki jumlah bilah yang lebih banyak sehingga mampu menangkap daya angin lebih banyak daripada kombinasi yang lain..



Gambar 14. Grafik hubungan efisiensi turbin terhadap kecepatan angin

Berdasarkan Gambar 14 menunjukkan jumlah bilah pada turbin angin crossflow berpengaruh pada efisiensi yang dihasilkan turbin angin, dimana

karakteristik efisiensi dari turbin angin dengan kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah Savonius 2 memiliki kecenderungan yang berbeda daripada kombinasi jumlah bilah yang lebih kecil. Pada kombinasi ini effisiensinya cenderung turun seiring dengan bertambahnya kecepatan, hal ini disebabkan seiring bertambahnya bilah maka celah antar bilah juga semakin sempit sehingga aliran yang melewati celah bilah mengalami hambatan (Winadi, 2004) aliran udara banyak melintasi daerah luar dari turbin angin bilah kurva C (Kawamura, 2002).

5.2. Luaran yang di capai

Luaran yang dicapai dari hasil penelitian ini adalah 1 publikasi internasional pada tahun 2016 di International Journal of Scientific & Engineering Research dengan judul Performance of Combined Vertical Axis WindTurbine blade between airfoil NACA 0018 withCurve Blade with and without Guide vane dan 1 publikasi di jurnal nasional ber-ISSN pada tahun 2017 di jurnal ilmiah Teknik mesin cylinder dengan judul Karakteristik Model Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Darrieus tipe-H dengan Bilah Hibrid Profil Modified NACA 0018 dan Kurva S. Artikel yang masih ditelaah ada dua, satu di jurnal internasional pada tahun 2017 di International Journal of Renewable Energy Development dengan judul Effect Combination Cross Flow And Savonius Type J Blades On The Performance Of Two Stages Vertical Axis Wind turbine On Real Condition. Satu lagi di jurnal nasional ber-ISSN Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Lampung dengan Pengaruh Perubahan Sudut Lengkung Bilah Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonis Tipe J Dua Tingkat Pada Kondisi Angin Lapangan. Selain itu untuk seminar nasional ada 3 buah artikel dan 1 draft paten.

BAB VI.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian model turbin angin bilah hibrid yang merupakan kombinasi bilah kurva C(kurva C) dengan Savonius tipe J pada kondisi angin real dapat ditarik beberapa kesimpulan.

1. Penambahan jumlah bilah kurva C pada tingkat kedua mampu menurunkan cut in speed dari turbin angin dengan kecepatan 2,31 m/s pada kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah Savonius tipe J 2.
2. Penambahan jumlah bilah kurva C pada tingkat kedua mampu menaikkan daya listrik yang dihasilkan oleh turbin angin dengan daya maksimum sebesar 20,36 W pada kecepatan angin 6,21 m/s pada kombinasi jumlah bilah kurva C 12 dan jumlah bilah Savonius tipe J 2.
3. Penambahan jumlah bilah kurva C pada tingkat kedua menurunkan efisiensi turbin angin seiring bertambahnya kecepatan angin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Al Maaithah., A., 1993, The design of the Banki wind turbine and its testing in real wind conditions, Renewable Energy Vol 3, No. 6/7, pp 781-786.
2. Anonim, **Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia**, <http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energi/3588--kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah-ubah.html>.
3. Burçin Deda Altan, Mehmet Atılğan, 2010, The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors, Renewable Energi 35 (2010) 821–829.
4. Fang Feng, Shengmao Li, Yan Li, Dan Xu, 2012, a Torque Characteristics Simulation on Small Scale Combined Type Vertical Axis Wind Turbine, Physics Procedia 24 (2012) 781 – 786.
5. Indra Herlamba Siregar, 2012, Pengaruh perubahan sudut pitch yang besar terhadap kinerja low solidity turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe H dengan bilah profile NACA 0018, Jurnal OTOPRO Vol. 7 No.2.
6. Indra Herlamba Siregar, 2012, Pengaruh penambahan wind deflector terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe H Darrieus 3 bilah dengan profile bilah NACA 0018, Laporan Penelitian tidak dipublikasikan.
7. G. Colley., R. Mishra, H.V.Rao, R.Woolhead, 2010, Effect of rotor blade position on Vertical Axis Wind Turbine performance, Proceeding on International Conference on Renewable Energies and Power Quality Granada Spain.
8. J. Kumbarnuss n, J. Chen, H.X. Yang, L. Lu, 2012, Investigation into the relationship of the overlap ratio and shift angle of double stage three bladed vertical axis wind turbine (VAWT), Journal Wind Engineering and Industrial. Aerodynamics 107–108 (2012) 57–75.
9. Kawamura., T., Sato., Y, 2002., Numerical simulation of the flow around across-flow wind turbine, www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/1288-5.pdf.
10. Kunio Irabu, Jitendro Nath Roy, 2007, Characteristics of wind power on Savonius rotor using a guide-box tunnel Experimental Thermal and Fluid Science 32 (2007) 580–586.
11. Marco Raciti Castelli, Stefano De Betta and Ernesto Benini, 2012, Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darrieus Wind Turbine, World Academy of Science, Engineering and Technology 61.
12. M. El-Samanoudy, A.A.E. Ghorab, Sh.Z. Youssef, 2010, Effect of some design parameters on the performance of a Giromill vertical axis wind turbine, Ain Shams Engineering Journal (2010)1, 85–95.
13. Muhammad Mahmood Aslam Bhutta, Nasir Hayat, Ahmed Uzair Farooq, Zain Ali, Sh. Rehan Jamil, Zahid Hussain., 2012, Vertical axis wind turbine –A review of various configurations and design techniques, Renewable and Sustainable Energi Reviews 16 (2012) 1926–1939.
14. N.H. Mahmoud, A.A. El-Haroun, E. Wahba, M.H. Nasef, 2012, An experimental study on improvement of Savonius rotor performance, Alexandria Engineering Journal 51 (2012), 19–25.

15. Payam Sabaeifard, Haniyeh Razzaghi, Ayat Forouzandeh, 2012, Determination of Vertical Axis Wind Turbines Optimal Configuration through CFD Simulations, International Conference on Future Environment and Energi IPCBEE vol.28.
16. Pusdatin ESDM, 2011, *Indonesia Energi Outlook 2010 ey Indicator of Indonesia Energi and Mineral Resources*.(Online) (www.esdm.go.id/publikasi/statistik/doc_download/487-key-indicator-of-indonesia-energi-and-mineral-resources.html), diakses pada tanggal 30 Januari 2013).
17. Radu BOGĂȚEANU, Bogdan DOBRESCU, Ion NILĂ, 2010, Aerodynamic performance prediction of Darrieus-type wind turbines, INCAS BULLETIN, Volume 2, Number 2/ 2010, pp. 26 – 32.
18. R. Gupta, A. Biswas, K.K. Sharma, 2010, Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius–three-bladed Darrieus rotor, *Renewable Energi* 33 (2008) 1974–1981.
19. Ronit K. Singh, M. Rafiuddin Ahmed, 2013, [Blade design and performance testing of a small](#) wind turbine [rotor for low](#) wind speed [applications](#) Original Research Article *Renewable Energi*, Volume 50, February 2013, Pages 812-819.
20. Winardi., Saptohadi H., Subarmono, 2004, Pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap unjuk kerja turbin aliran silang, *TEKNOSAINS*, 17(2).
21. WWEA, 2011, The World Wind Energi Report 2011. (Online) (<http://www.wwindea.org/webimages/WorldWindEnergiReport2011.pdf>), diakses pada tanggal 5 Februari 2013).
22. **Yudha Pratomo**, 2012, Indonesia Pun Bisa Memanen Energi Angin. (Online) (<http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/>), diakses 2 Feruari 2013).

Lampiran 1. Instrumen



Gambar L1.1. Anemometer



Gambar L1.2. Tachometer

Lampiran 1. Instrumen (lanjutan)



Gambar L1.3. Multi Meter



Gambar L1.4. Termohygrometer

Lampiran 2. Personalia Tenaga Pelaksana Beserta Kualifikasinya

No	Nama / NIDN	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu Jam/ mg	Uraian Tugas
1.	Indra Herlamba Siregar, S.T.,M.T./ 0007097103	Teknik Mesin Unesa	Rekayasa Energi	10	Memimpin tim dalam setiap kegiatan dari perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi, termasuk seminar dan penyusunan laporan penelitian dan artikel ilmiah.
2.	Wahyu Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.0030037800	Teknik Mesin Unesa	Rekayasa Manufaktur	10	Membantu tugas ketua tim dalam bidang penelusuran pustaka, Manufaktur prototipe, pengambilan data, analisis data, serta mengurus penerbitan artikel ilmiah.

Lampiran 3. Scan Luaran berupa publikasi online



publishing-august-2016_page3.aspx

ing them from another browser. [Import your favorites](#)

Performance of Combined Vertical Axis Wind Turbine blade between airfoil NACA 0018 with Curve Blade with and without Guide vane[\[Full-Text\]](#)

Indra Herlamba Siregar, Aris Ansori

This article proposes a model design of vertical axis wind turbine with blades hybrid is a combination of NACA 0018 airfoil profile blades and curve C with and without a guide vane tested with subsonic wind tunnel for four Reynolds number. Results of the study describes the addition of guide vane in the wind turbine model is able to improve the performance of wind turbine models significantly. The increase in performance compared to using the guide vane wind turbine model without a guide vane on the maximum condition reached 150%, besides the addition of guide vane is able to improve self-starting wind turbine model.

Study of temperature profiles by optimized characteristic secondary air injection in the biomass fluidized bed[\[Full-Text\]](#)

Prof.S.N.Topannavar, Dr.P.B.Gangavati

The agriculture wastes are attracted to produce required form environmental friendly energy and efficient burning of these required optimized characteristic temperature contours in the fluidized bed. To study the effect of the different hydrocarbons of the biomass particles (UBP) in the free board (FBC) with the temperature profile to maximize the heat release rate of the unburned hydrocarbons of the biomass particles (UBP) in the free board region, set up an experiment with the 2.5 m height and 0.1 m diameter laboratory FBC model with 8 axial strategic point thermocouples (T1-T8). The FBC was configured with 4 sets of angular fixtures (90o,60o,45o and 30o) for pressurized secondary air radial and tangential injection. By the experimental observation for Sawdust, Bagasse and Ricehusk burning, the 30o angle tangential secondary air injection with any pressure between 1.2 and 3.5 bar created optimized vorticity effect to release more heat as compared radial air injection (90o) in the free board region of the FBC. The 3.5 bar secondary air injection operations were created favorable characterized vorticity and turbulence effects for efficient burning of UBP and more heat transfer between bed material and biomass particles in the free board region. Sawdust burning has more benefit at 3.5 bar vorticity effect in the free board region.

CYLINDER: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN

JOURNAL CONTENT

Search

All

Browse
By Issue
By Author
By Title
Other Journals

HOME ABOUT LOGIN REGISTER SEARCH CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS

ONLINE SUBMISSION

Home > VOL 3, NO 1 (2017), APRIL 2017 > Siregar

KAREKTERISTIK MODEL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DUA TINGKAT DARRIEUS TIPE-H DENGAN BILAH HIBRID PROFIL MODIFIED NACA 0018 DAN KURVA S

Indra Herlamba Siregar, Aris Aulicori

ABSTRACT

Pemanfaatan energi yang terbuang dan ramah lingkungan dibutuhkan saat ini untuk mengatasi dampak bahan bakar fosil. Indonesia dengan garis pantai minimal 81.000 km dan kecepatan angin rata-rata 3-5 m/s memiliki potensi energi sebesar 9 GW. Turbin angin sumbu vertikal sangat sesuai untuk diterapkan karena kecepatan angin rata-rata masuk dalam kategori rendah dan sering berfluktuasi. Dalam studi ini, turbin angin dua tingkat sumbu vertikal Darrieus-tipe H dengan bilah hibrid dihasilkan. Turbin angin diisi di terowongan angin dengan kecepatan angin dari 3 m/s sampai 5 m/s dan beban dari 300 g sampai 1800 g. Bilah hibrid yang merupakan profil modifikasi NACA 0018 dengan kurva S dan bilah Darrieus tipe H dengan profil modifikasi NACA 0018. Hasilnya menunjukkan bahwa turbin ini memiliki efisiensi energi sebesar 10% dengan beban 1800 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin ini memiliki efisiensi energi sebesar 10% dengan beban 1800 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin ini memiliki efisiensi energi sebesar 10% dengan beban 1800 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin ini memiliki efisiensi energi sebesar 10% dengan beban 1800 g.

KEYWORDS

Bilah hibrid, modified NACA 0018, kurva S

OPEN JOURNAL SYSTEMS

Journal Help

USER

Username

Password

☐ Remember me

Login

ARTICLE TOOLS

Print this article

Indexing metadata

How to cite item

Finding References

Email this article (Login required)

Email the author (Login required)

RELATED ITEMS

Show all

Activate Windows

Settings to activate Windows.

View

Subscribe

ISSN: 2252-4940

International Journal of Renewable Energy Development

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijred>



NEW SUBMISSION

ACCEPTED ARTICLES

ANNOUNCEMENTS

SUBMISSIONS

ISSUE

PEOPLE

ABOUT

HOME

INDRASIREGAR

Q

Journal Policy

Aims and Scope
Online Submission
Peer Review Policy
Author Guidelines
Editorial Board
Abstracting/Indexing
Ethics Statement
Open Access Statement
Plagiarism Policy
Copyright and License
Contact Us

Home / User / Author / Active Submissions

Active Submissions

Active (1) | Archive (0) | New Submission

ID	MM-DD Submit	Sec	Authors	Title	Status
16246	16-10-2017	ART	Siregar	EFFECT COMBINATION CROSS FLOW AND SAVONIUS TYPE J BLADES...	Awaiting assignment

1 - 1 of 1 Items

Refbacks

All | New | Published | Ignored

48

[HOME](#)
[ABOUT](#)
[USER HOME](#)
[SEARCH](#)
[CURRENT](#)
[ARCHIVES](#)

[Journal Help](#)

[OPEN JOURNAL SYSTEMS](#)

[Home](#) > [User](#) > [Author](#) > [Active Submissions](#)

Active Submissions

ACTIVE

ARCHIVE

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
705	09-19	ART	Siregar	EFFECT OF CURVE ANGLE BLADE CHANGE TO TWO STATE SAVONIUS...	Awaiting assignment

1 - 1 of 1 Items

[Start a New Submission](#)

[CLICK HERE](#) to go to step one of the five-step submission process.

USER

You are logged in as...

indrasiregar

- [My Journals](#)
- [My Profile](#)
- [Log Out](#)

AUTHOR

Submissions

- [Active \(1\)](#)
- [Archive \(0\)](#)
- [New Submission](#)

NOTIFICATIONS

FORMULIR EVALUASI ATAS CAPAIAN LUARAN KEGIATAN

Ketua : INDRA HERLAMBA SIREGAR S.T, M.T

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Judul : PENGEMBANGAN PROTOTIPE TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL
BILAH HIBRID KECEPATAN ANGIN RENDAH SKALA RUMAH
TANGGA BERBASIS KINERJA MODEL di TEROWONGAN ANGIN

Skema : Penelitian Produk Terapan

Waktu Kegiatan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun

LUARAN YANG DIRENCANAKAN DAN JUMLAH CAPAIAN

No	Luaran yang Direncanakan	Jumlah Capaian
1	Publikasi ilmiah	4
2	Pemakalah dalam pertemuan ilmiah	3
3	Karya Tulis Ilmiah	2

CAPAIAN DISERTAI DENGAN LAMPIRAN BUKTI-BUKTI LUARAN KEGIATAN

1. PUBLIKASI ILMIAH

	Keterangan
Artikel jurnal ke-1.	
Nama jurnal yang dituju	Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin
Klasifikasi jurnal	Nasional ber-ISSN
Impact factor jurnal	0
Judul artikel	Karakteristik Model Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Darrieus Tipe-H dengan Bilah Hibrid Profil Modified NACA 0018 dan Kurva S
Status naskah	Sudah terbit
Artikel jurnal ke-2.	
Nama jurnal yang dituju	International Journal of Renewable Energy Development
Klasifikasi jurnal	Nasional Terkreditasi
Impact factor jurnal	0

Judul artikel	EFFECT COMBINATION CROSS FLOW AND SAVONIUS TYPE J BLADES ON THE PERFORMANCE OF TWO STAGES VERTICAL AXIS WIND TURBINE ON REAL CONDITION
Status naskah	Sedang ditelaah
Artikel jurnal ke-3.	
Nama jurnal yang dituju	International Journal of Scientific & Engineering Research
Klasifikasi jurnal	Internasional
Impact factor jurnal	0.1000
Judul artikel	Performance of Combined Vertical Axis WindTurbine blade between airfoil NACA 0018 withCurve Blade with and without Guide vane
Status naskah	Sudah terbit
Artikel jurnal ke-4.	
Nama jurnal yang dituju	Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universtas Lampung
Klasifikasi jurnal	Nasional ber-ISSN
Impact factor jurnal	0
Judul artikel	PENGARUH PERUBAHAN SUDUT LENGKUNG BILAH TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL SAVONIUS TIPE J DUA TINGKAT PADA KONDISI ANGIN LAPANGAN
Status naskah	Sedang ditelaah

2. BUKU AJAR

	Keterangan
--	------------

3. PEMBICARA PADA PERTEMUAN ILMIAH (SEMINAR/SIMPOSIUM)

	Keterangan
Pertemuan Ilmiah ke-1.	
Judul Makalah	PENGARUH JUMLAH SUDU TURBIN CROSSFLOW TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DUA TINGKAT BILAH HIBRID CROSS FLOW DAN SAVONIUS TIPE J PADA KONDISI ANGIN LAPANGAN

Nama Pertemuan Ilmiah	Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2017
Tempat Pelaksanaan	Hotel Garden Palace Surabaya
Waktu Pelaksanaan	11/4/2017 12:00:00 AM
Jenis Pertemuan	Nasional
Status naskah	Sudah dilaksanakan
Pertemuan Ilmiah ke-2.	
Judul Makalah	PENGARUH PERUBAHAN SUDUT PITCH PADA KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL BILAH HIBRID PROFILE NACA 0018 DAN BILAH C DENGAN GUIDE VANE
Nama Pertemuan Ilmiah	Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2016
Tempat Pelaksanaan	Hotel Papilio Surabaya
Waktu Pelaksanaan	11/27/2016 12:00:00 AM
Jenis Pertemuan	Nasional
Status naskah	Sudah dilaksanakan
Pertemuan Ilmiah ke-3.	
Judul Makalah	Karakteristik Model Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Darrieus Tipe-H dengan Bilah Hibrid Profil Modified NACA 0018 dan Kurva S
Nama Pertemuan Ilmiah	Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2015
Tempat Pelaksanaan	Hotel Papilio Surabaya
Waktu Pelaksanaan	10/31/2015 12:00:00 AM
Jenis Pertemuan	Nasional
Status naskah	Sudah dilaksanakan

4. SEBAGAI INVITED SPEAKER

	Keterangan
--	------------

5. UNDANGAN SEBAGAI VISITING SCIENTIST PADA PERGURUAN TINGGI LAIN

	Keterangan
--	------------

6. CAPAIAN LUARAN LAINNYA

Capaian	Uraian
Teknologi Tepat Guna	Prototipe Turbin Angin mampu menghasilkan listrik hingga 20 W
Jenis luaran lainnya	Draft Paten

Surabaya, 9 - 11 - 2017

Ketua,



(INDRA HERLAMBA SIREGAR S.T, M.T)

Performance of Combined Vertical Axis Wind Turbine blade between airfoil NACA 0018 with Curve Blade with and without Guide vane

¹ Indra Herlamba Siregar, ² Aris Ansori

Abstract— This article proposes a model design of vertical axis wind turbine with blades hybrid is a combination of NACA 0018 airfoil profile blades and curve C with and without a guide vane tested with subsonic wind tunnel for four Reynolds number. Results of the study describes the addition of guide vane in the wind turbine model is able to improve the performance of wind turbine models significantly. The increase in performance compared to using the guide vane wind turbine model without a guide vane on the maximum condition reached 150%, besides the addition of guide vane is able to improve self-starting wind turbine model.

Index Terms— Blades, NACA 0018, Curve C, Vertical axis wind turbines, Hybrid blades, Subsonic wind tunnel, Guide vane, .

1. INTRODUCTION

Wind is one of the energy sources that are renewable and environmentally friendly where Indonesia with a coastline 80791.42 km are potential areas for wind energy development with an average wind speed of Indonesian coastal area is generally between 3 m/sec to 6.3 m/sec, estimated total wind energy potential to reach 9 GW [1].

The geographical position of Indonesia as a tropical country causing characteristics of the wind in Indonesia is very different from the characteristics of the wind in the developed countries that have used wind as a source of energy include wind direction change often, where this condition causes the sustainability of energy production from wind turbines horizontal axis disturbed because the turbine rotor must always dealing with the arrival of the wind direction [2], it is not found on the vertical axis wind turbine in which a turbine of this type of movement is not dependent on the direction of the wind and can work on wind speed is less than 3 m/s. Based on the characteristics of the wind Indonesia which has a low speed and frequent change, the focus of the development of vertical axis wind turbines as wind energy equipment extract is very urgent. There are two types of vertical axis wind turbine that is the type of drag that is commonly known as the Savonius wind turbine and the type of lift is commonly known as the Darrieus wind turbine [3].

Savonius wind turbine has high efficiency at low wind speeds but has the disadvantage because of the limitations of the tip speed ratio is small otherwise Darrieus wind turbine has efficiency at high wind speeds but turbines of this type have drawbacks in terms of self-starting. To overcome these weaknesses have been numerous studies done by combining the wind turbine blades with blade Darrieus wind turbine Savonius [4-7].

The combination of the turbine blade Darrieus and Savonius turbines can increase efficiency 10 to 25% than the Darrieus wind turbine without the combination [8].

Another method to improve the performance of wind turbine Savonius wind by modifying the blade Savonius be Savonius Diffuser Blade (SDB) and moving deflector (guide blade), the function of SDB increase the speed ratio in the narrow gap also increases the drag force on the surface of the blade [9]. Neither conducted by Burçin Deda Altan et al [10], they added a steering wind in front of wind turbine Savonius by varying the steering openings. The results showed the addition of directional wind turbine is able to improve the performance reach 100% of Savonius turbine conditions without steering. From the foregoing description it appears that many researchers have combined blade airfoil with blades Savonius (blades S) has not seen a combination of blade airfoil with a profile curve C for the writer is interested to do research on a model wind turbine with blades hybrid is a combination between the blades profile airfoil NACA 0018 with blades curve C.

2. WIND TURBINE PERFORMANCE PARAMETERS

So that data of test results are analyzed and presented in a graph, it would need to set out the

1. Indra Herlamba Siregar is corresponding author and working as lecturer in mechanical department in State University of Surabaya, Indonesia, +6281330561826. E-mail: indrasiregar@unesa.ac.id
2. Aris Ansori is working as lecturer in mechanical department in State University of Surabaya, Indonesia, +6281334102045. E-mail: aris_ansori30@yahoo.com

parameters of wind turbine performance is

1. Wind power is the energy per unit time of the air moving at a certain speed which is formulated as follows:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho S U^3 \dots\dots\dots (1)$$

2. Wind turbine power is energy per unit of time that can be extracted from the wind turbines that moves with certain velocity are formulated as follows:

$$P_T = T \omega \dots\dots\dots (2)$$

where is the torque of the turbine (T) measured using Rope brake system such as figure 1.

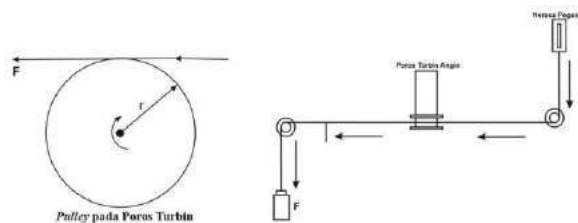


Figure 1. The scheme of the braking rope on a wind turbine shaft to get the torque

3. Wind turbine Performance coefficient is a value which shows the efficiency of wind turbines wind power potential in converting power into wind turbines that are formulated as follows :

$$C_p = \frac{P_T}{P_w} \dots\dots\dots (3)$$

4. Tip Speed Ratio is a comparison of speed at the turbine end with wind speed that is formulated as follows:

$$\lambda = \frac{\omega R}{U} \dots\dots\dots (4)$$

5. Wind turbine Torque coefficient is a value that indicates the ability of wind turbines produce torque are formulated as follows:

$$C_T = \frac{C_p}{\lambda} \dots\dots\dots (5)$$

3. EXPERIMENTAL SETUP

In research conducted now dimensions model wind turbines can be seen in table 1, where the parameters of research for blade pitch angle C remains at 15° toe-out and the blades NACA 0018 15° toe-in with and without Wind (Figure 2 and 3). The study was conducted in subsonic wind tunnel with a exit cross sectional area is 2025 cm^2 .

Table 1. The geometric dimensions of model wind turbine

Profile Blades	NACA 0018
Number	3
Blade cord, [m]	0,1
Blade Span, [m]	0,3
Rotor diameter, [m]	0,3
Profile Blades	C curve
Number	3
Radius, [m]	0,254



Figure 2. Model wind turbine without guide vane



Figure 3. Model wind turbine with guide vane

4. EXPERIMENTAL RESULTS

The performance of the wind turbine Model without guide vane

Wind turbine model testing without the guide vane (Figure 2) work on 4 the value of the Reynolds number which looks at wind turbine model without a guide vane

produced maximum power density of 3.6 W/m² at Reynolds number 122683 See figure 4.

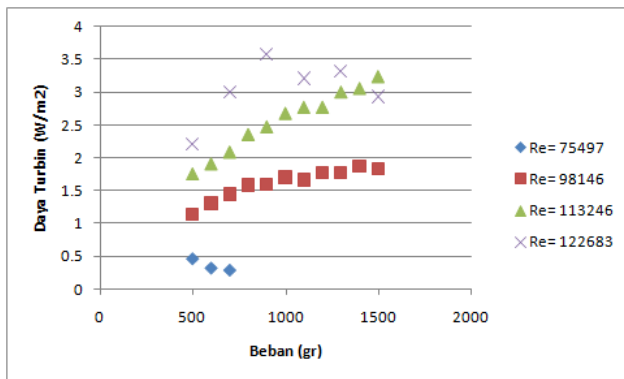


Figure 4. Power density generated by a model wind turbine without guide vane

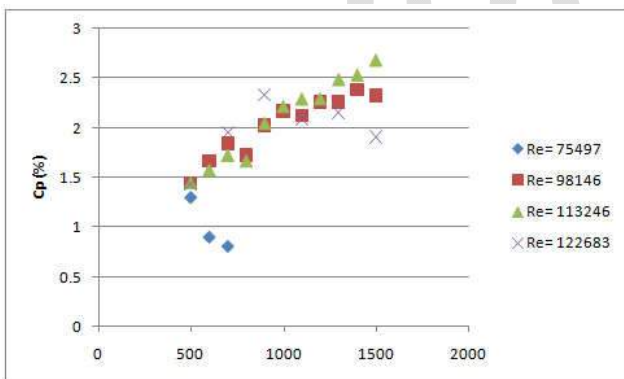


Figure 5. Turbine performance coefficients generated by the model wind turbine without guide vane

Whereas the coefficient of maximum wind turbine performance generated by the wind turbine model was 2.7% in the number of Reynold 113246 or equivalent with a tip speed ratio (λ) 0.23 see Figure 5 and 6.

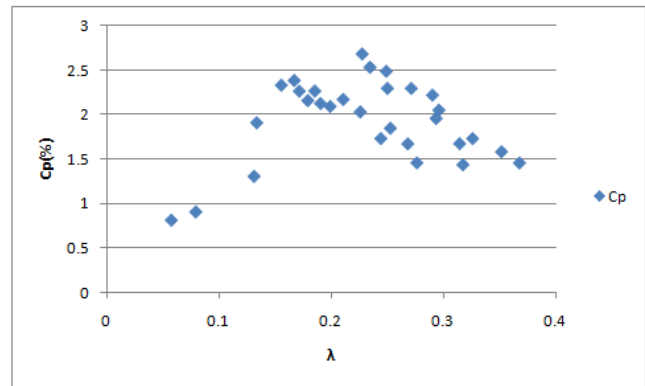


Figure 6. The distribution coefficient of performance model of a wind turbine without guide vane

In Figure 7 to see that maximum value of torque coefficient of 14.9% achieved on the value of the tip speed ratio 0.16. Overall the turbine rotates is dominated by the style of drag produced by the model wind turbines it is characterized by a value of tip speed ratio resulting in smaller than 1 [11].

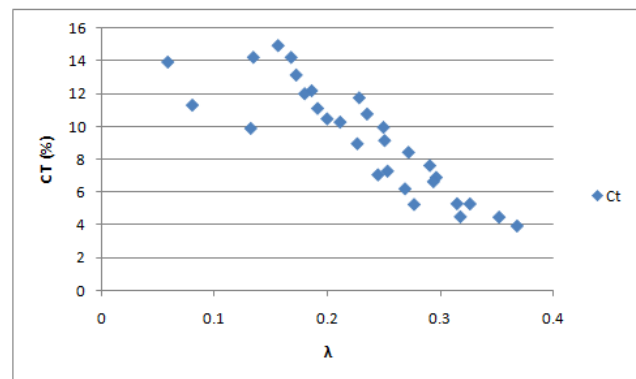


Figure 7. The distribution Coefficient of torque model wind turbine without guide vane

The performance Model of wind turbine with guide vane

For a given wind turbine model with guide vane (Figure 3) shows that performance of wind turbine model improvement significantly which sighted that on the model of wind turbine with guide vane can generates a maximum power density of 9 w/m² on the Reynold number 122683 see Figure 8. So if compared to the model wind turbine without guide vane increase the resulting power of 150%.

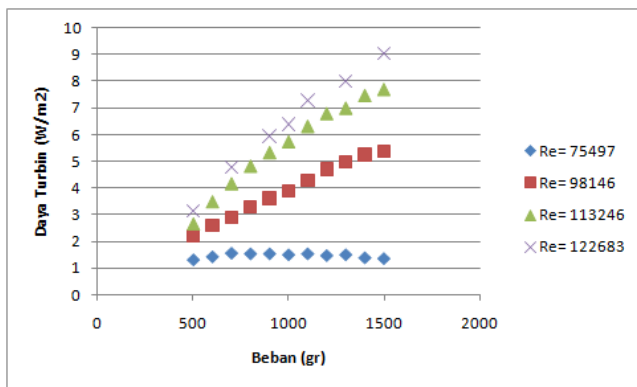


Figure 8. Power density generated by a model wind turbine with guide vane

The model of wind turbine with guide vane can produces maximum performance coefficient of 6.8% in number of Reynold 98146 or equivalent with a tip speed ratio (λ) 0.35 see figures 9 and 10. So when compared with the model of a wind turbine without a guide vane increase in the coefficient of performance of wind turbines produced by 152%.

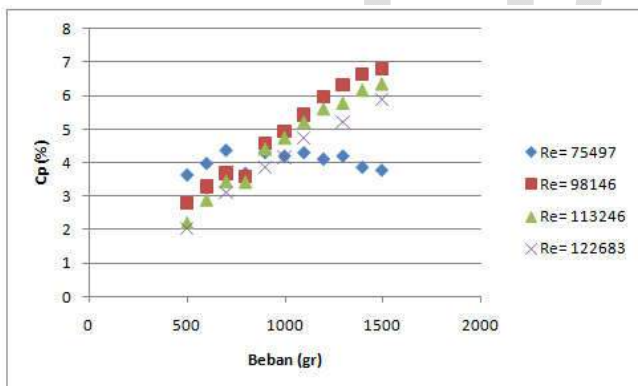


Figure 9. Turbine performance coefficients generated by the model of wind turbine with guide vane

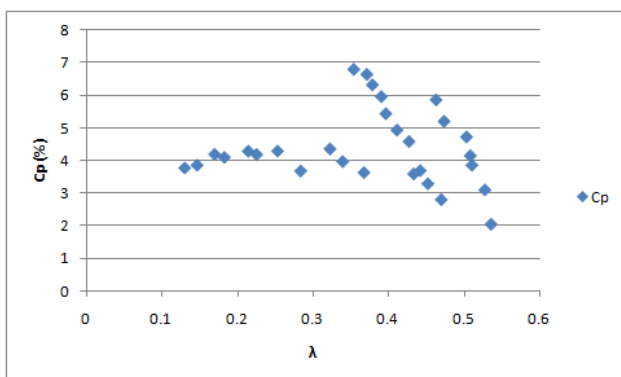


Figure 10. The distribution coefficient of performance model of wind turbine with guide vane

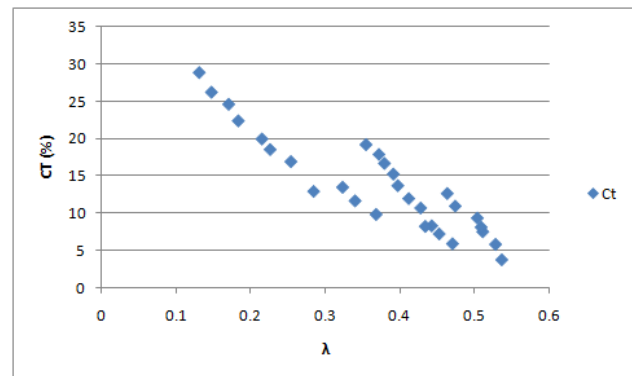


Figure 11. The distribution of torque coefficient model of wind turbine with guide vane

Figure 11 shows the maximum values of the coefficient of torque generated by the model of wind turbine with guide vane reached 28.9% for the value of the tip speed ratio 0.16. the maximum torque coefficient value of tip speed ratio 0.16 indicates the addition guide vane can improving ability of self starting model wind turbines.

5. CONCLUSION

From the explanation above can be drawn some conclusions as follows:

1. The addition of the guide vane at vertical axis wind turbine model with hybrid blade is able to improve the performance of the model include power density, coefficient of performance and torque coefficient model wind turbines more than 150%.
2. Addition of guide vane can improving ability of self starting model vertical axis wind turbine with blades hybrid.

ACKNOWLEDMENT

The authors thank you for the Ministry of Research, technology and higher education through Research and public service institutions of State University of Surabaya, which has been financially supporting this research through a Competitive grants scheme of decentralized funds BOPTN 2016.

REFERENCES

- [1] PEU, 2006, Wind Energy Country Analyses Indonesia, (Online)
([https://energypedia.info/wiki/Wind Energy Country Analyses Indonesia](https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_Country_Analyses_Indonesia) accessed 13 august 2016.
- [2] Anonim, 2013, **Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia**, (online)
<http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/3588--kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah-ubah.html>
- [3] Tian HJ, Wang TL and Wang Y, 2006, Summarize of the development of the vertical axis wind turbine. Appl Energy Resource Technology; 11: 22–27.
- [4] Abid.,M., K. S. Karimov, H. A. Wajid, F. Farooq, H. Ahmed, O. H. Khan, 2015, Design, Development and Testing of a Combined Savonius and Darrieus Vertical Axis Wind Turbine, Iranica Journal of Energy and Environment 6(1): 1-4.
- [5] Wakui Tetsuya, Yoshiaki Tanzawa, Takumi Hashizume and Toshio Nagao, 2005, Hybrid Configuration of Darrieus and Savonius Rotors for Stand-Alone Wind Turbine-Generator Systems, Electrical Engineering in Japan, Vol. 150, No. 4.
- [6] Sahim, K., K. Ihtisan, D. Santoso and R. Sipahutar, 2014. Experimental Study of Darrieus-Savonius Water Turbine with Deflector: Effect of Deflector on the Performance. International Journal of Rotating Machinery:1-6.
- [7] Chein, R., Chung, J.N., 1988. Discrete-vortex simulation of flow over inclined and normal plates. Computers and Fluids 16, 405–427.
- [8] Sharma, K.K., A. Biswas and R. Gupta, 2013, Performance Measurement of a Three-Bladed Combined Darrieus-Savonius Rotor, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 3(4): 885-891.
- [9] Bagus Wahyudia, Sudjito Soeparman, H W M Hoeijmakers, 2015, Optimization design of Savonius diffuser blade with moving deflector for hydrokinetic cross flow turbine rotor, Energy Procedia 68: 244 – 253.
- [10] Burçin Deda Altan, Mehmet Atılğan, 2010, The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors, Renewable Energy 35: 821–829.
- [11] Dumitrescu, H., A. Dumitrache., C. L. Popescu , M. O. Popescu. , F. Frunzulică and A. Crăciunescu. 2014. “Wind Tunnel Experiments on Vertical-Axis Wind Turbines with Straight Blades” *Renewable Energy and Power Quality Journal*

Karakteristik Model Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Darrieus Tipe-H dengan Bilah Hibrid Profil *Modified* NACA 0018 dan Kurva S

Indra Herlamba Siregar dan Aris Anshori

Jurusan Teknik Mesin

Kampus UNESA Jl. Raya Ketintang Gedung A6 Lt. 2, Surabaya 60231, Indonesia

E-mail: indrasiregar@unesa.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan energi yang terbarukan dan ramah lingkungan dibutuhkan saat ini untuk mengatasi dampak bahan bakar fosil. Indonesia dengan garis pantai minimal 81.000 km dan kecepatan angin rata-rata 3-5 m/s memiliki potensi energi sebesar 9 GW. Turbin angin sumbu vertikal sangat sesuai untuk diterapkan karena kecepatan angin rata-rata termasuk dalam kategori rendah dan sering berfluktuasi. Dalam studi ini, turbin angin dua tingkat sumbu vertikal Darrieus-tipe H dengan bilah hibrid diusulkan. Turbin angin diuji di terowongan angin dengan kecepatan angin dari 3 m/s sampai 5,5 m/s dan beban dari 500 g sampai 1800 g. Bilah hibrid yang merupakan profil modifikasi NACA 0018 memiliki variasi sudut pitch dari 0° sampai 20° sedangkan kurva S-nya memiliki variasi luas antara 240 cm² dan 180 cm². Hasil menunjukkan bahwa sudut kemiringan terbaik untuk profil NACA 0018 yang dimodifikasi adalah 10° untuk kedua bilah dengan luas 240 cm² dan 180 cm². Koefisien kinerja terbaik untuk kurva S dengan luasan 180 cm² pada kisaran tip speed ratio antara 0,3-0,4 dengan nilai rata-rata hampir 5%. Untuk kurva S dengan luasan 240 cm², koefisien kinerja tertinggi diperoleh pada kisaran tip speed ratio antara 0,25 - 0,4 dengan nilai rata-rata hampir 4%.

Kata Kunci : Bilah hibrid, modified NACA 0018, kurva S.

ABSTRACT

Utilization of energy that is renewable and environment-friendly is needed at this time to overcome the impact of fossil fuels. Indonesia with a coastline of at least 81,000 km and an average wind speed of 3-5 m/s has 9 GW energy potential. Because the average wind speed is of a low category and often fluctuates, a vertical axis wind turbine is suitable for usage. In this study, a two-stage vertical axis wind turbine Darrieus-type H with hybrid blades is proposed. The wind turbine is tested in a wind tunnel with a wind speed from 3 m/s to 5.5 m/s and a load from 500 g to 1800 g. The hybrid blades which have a modified NACA 0018 profile have a pitch angle variation from 0° to 20°. Its S curve has a variation of area of 240 cm² and 180 cm². The results show that the best pitch angle for the modified NACA 0018 profile blade is 10° for both the blades with an area of 240 cm² and 180 cm². The coefficient of performance is the best for the 180 cm² S curve in the tip speed ratio range of 0.3-0.4 with an average of nearly 5%. For the S-curve area of 240 cm², the highest coefficient of performance is obtained at the range of tip speed ratio between 0.25 and 0.4 with an average value of nearly 4%.

Keyword : Hybrid blades, modified NACA 0018, S curve.

1. PENDAHULUAN

Energi memainkan peran paling penting dalam kehidupan masyarakat hari ini baik berupa pemenuhan kebutuhan domestik maupun industri. Saat ini sumber energi utama dalam hal pemenuhan kebutuhan energi didominasi oleh energi yang bersumber pada energi fosil seperti batu bara, gas alam, minyak, dan tenaga nuklir. Namun energi fosil merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui sehingga akan menjadi mahal seiring meningkatnya permintaan energi.

Pemanfaatan energi fosil sebagai sumber energi memiliki beberapa dampak yang negatif baik dari sisi ekonomi maupun lingkungan. Akibat dari produksi energi fosil tidak mampu memenuhi kebutuhan nasional, maka diperlukan impor minyak pada tahun 2010 tercatat sebesar 26 juta kiloliter sedangkan impor LPG 1,62 juta ton [1], dimana hal ini berimplikasi terhadap cadangan devisa negara. Sedangkan dampak pemakaian energi fosil terhadap lingkungan baik skala regional maupun global berupa pencemaran udara dan pemanasan global yang pada akhirnya menjadi penyebab utama terjadinya perubahan iklim [2].

Untuk itu perlu dicari sumber-sumber energi yang dapat diperbaharui dan ramah terhadap lingkungan seperti energi geotermal, energi matahari, energi pasang surut dan energi angin. Indonesia memiliki garis pantai yang panjangnya lebih dari 81.000 km [3] dengan kecepatan angin rata-rata di tepi pantai mencapai 2-6 m/s [4], maka Indonesia dengan kondisi ini memiliki potensi energi angin mencapai 9 GW. Angka ini merupakan suatu potensi besar jika dapat dimanfaatkan untuk menuai energi angin demi terciptanya ketahanan energi nasional dalam beberapa waktu ke depan [5].

Karakteristik angin di Indonesia sangatlah berbeda dengan zona belahan utara ataupun selatan, hal ini disebabkan posisi geografis Indonesia berada di Khatulistiwa sehingga arah angin selalu berubah-ubah, dimana kondisi ini menyebabkan kesinambungan produksi energi dari turbin angin sumbu horizontal terganggu karena rotor turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin [6].

Energi angin dapat diubah menjadi energi yang berguna bagi manusia baik untuk

pemompaan air ataupun untuk penerangan dengan suatu alat yang disebut dengan turbin angin. Ada dua kategori turbin angin yaitu turbin angin sumbu horisontal (HAWT) dan sumbu vertikal (VAWT). Beberapa keuntungan turbin angin sumbu vertikal dibandingkan dengan sumbu horisontal adalah kemampuan VAWT untuk menerima angin dari setiap arah tanpa *yawing*. Tidak adanya sistem *yaw* menyederhanakan desain turbin. Kemudian profil bilah dari VAWT ada yang seragam dan dipilin, hal ini membuat proses fabrikasinya relatif mudah, tidak seperti bilah dari HAWT, yang harus memutar dan meruncing untuk kinerja yang optimal. Selanjutnya, hampir semua komponen yang membutuhkan perawatan terletak di permukaan tanah sehingga memudahkan pemeliharaan. Namun fluktuasi torsi yang tinggi di setiap putaran, tidak adanya kemampuan *self-starting* adalah kekurangan dari VAWT [7].

VAWT secara luas dapat dibagi menjadi tiga tipe dasar: jenis Savonius, Darrieus jenis *egg beater* dan jenis Giromill atau Darrieus tipe-H. Giromill populer untuk konfigurasi sederhana dan desain bilahnya sederhana [8].

Penelitian tentang VAWT Darrieus tipe-H telah banyak dilakukan baik secara numerik maupun eksperimental seperti Fiedler dan Stephen Tullis [9] meneliti pengaruh posisi bilah dan sudut *pitch* bilah dengan jenis bilah adalah NACA 0015 pada turbin angin sumbu vertikal tipe-H Darrieus dengan jumlah bilah tiga pada terowongan angin. Hasil penelitian memaparkan bahwa peletakan poros pemegang bilah ditengah menghasilkan efisiensi turbin yang terbaik, begitu pula sudut *pitch* bilah yang *toe-out* menghasilkan efisiensi yang lebih baik daripada sudut *pitch* bilah nol derajat.

Radu dkk [10] melakukan prediksi kinerja aerodinamis dari turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H dengan metode faktor *gust* dan momentum. Salah satu parameter yang dihitung adalah pengaruh jumlah bilah terhadap koefisien kinerja turbin angin (C_p), hasil perhitungan memaparkan bahwa semakin banyak jumlah bilah maka kecepatan angin awal yang diperlukan untuk menggerakkan turbin semakin rendah dengan C_p optimum pada rentang *tip speed ratio* antara 2 dan 3.

El-Samanoudy dkk [11] melakukan penelitian beberapa parameter desain terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe-H Darrieus di terowongan angin dengan 3 jenis bilah yaitu NACA 0024, NACA 4420 dan NACA 4520 dengan panjang *chord* 8, 12 dan 15 cm dan *span* 70 cm, untuk jumlah bilah yang diujikan 2, 3 dan 4. Hasil penelitian memaparkan bahwa unjuk kerja terbaik diperoleh pada jumlah bilah 4 dengan jenis bilah NACA 0024 pada sudut *pitch* 10°.

Payam Sabaeifard dkk [12] melakukan eksperimen dan simulasi dengan CFD untuk menentukan konfigurasi yang optimum pada turbin angin sumbu vertikal tipe-H Darrieus dengan jenis bilah yang digunakan adalah NACA 0018. Salah satu aspek yang diteliti adalah jumlah bilah 2, 3 dan 4, dimana hasil penelitian memaparkan efisien tertinggi diperoleh oleh turbin angin dengan jumlah bilah 3 sebesar 0,33 pada *tip speed ratio* 3,5. Namun untuk putaran rendah dari *tip speed ratio* 1 sampai dengan 3 jumlah bilah 4 menghasilkan efisiensi turbin yang terbaik.

Marco Raciti Castelli dkk [13] meneliti pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe-H Darrieus dengan simulasi yang menggunakan metode perhitungan RANS *unsteady* dengan jenis bilah yang digunakan adalah NACA 0025. Hasil simulasi memaparkan bahwa untuk kecepatan angin rendah atau *tip speed ratio* yang kecil antara 1,5 sampai 1,8 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah bilah akan menaikkan efisiensi turbin, sedangkan pada kecepatan angin yang tinggi atau *tip speed ratio* yang besar lebih dari 2 kinerja yang terbaik ditemukan pada turbin dengan jumlah bilah 3.

Siregar [14] meneliti pengaruh penambahan *wind deflector* pada turbin angin sumbu vertikal tipe-H dengan jumlah bilah 3 dengan profil bilah NACA 0018 pada sudut *pitch* yang besar. Hasil penelitian memaparkan bahwa penambahan *wind deflector* meningkatkan efisiensi turbin sebesar 102% daripada efisiensi turbin angin tanpa *wind deflector*, kondisi ini terjadi pada sudut *pitch* yang besar yaitu 30°.

Siregar [15] meneliti pengaruh penambahan *wind deflector* pada turbin angin sumbu vertikal tipe H dua tingkat dengan profile *modified* NACA 0018 pada berbagai variasi sudut *pitch* dan beban. Hasil penelitian

memaparkan bahwa dengan penambahan *wind deflector* mampu meningkatkan kinerja turbin rata-rata 34,3% dengan daya dan koefisien kinerja optimum berturut-turut sebesar 0,72 W dan 13,34% pada sudut *pitch* 30° pada kecepatan angin 4,4 m/s.

Dumitrescu [16] meneliti karakteristik turbin angin sumbu vertikal tipe-H dua tingkat dengan jumlah bilah 3 per tingkat profil bilah NACA 0018 dengan variasi sudut *pitch* 0°, 3° dan 6°. Hasil penelitian memaparkan bahwa turbin menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan angin rendah ketika sudut *pitch* yang besar, sebaliknya turbin menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan angin yang tinggi pada sudut *pitch* yang kecil.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Variabel-Variabel Penelitian

Penelitian bertujuan menganalisis hubungan antara variabel bebas yang diujikan dan variabel respon yang kemudian dianalisis setelah itu hasil analisis disajikan dalam bentuk gambar ataupun paparan adapun variabel-variabel tersebut diklasifikasikan menjadi tiga, antara lain:

1. Variabel bebas adalah variasi perlakuan yang diberikan pada turbin angin dimana pada penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi sudut *pitch* 0°, 5°, 10° dan 15°, serta luasan kurva S 180 cm² dan 240 cm².
2. Variabel terikat adalah variabel hasil, untuk penelitian ini variabel terikatnya adalah daya dan koefisien kinerja turbin angin.
3. Variabel kontrol adalah sesuatu yang dikontrol agar penelitian tetap fokus pada masalah yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah model turbin angin yang dimensinya dapat dilihat pada Tabel 1.

2.2 Peralatan dan Instrumen Penelitian

Pengambilan data merupakan suatu proses penting untuk mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah putaran poros turbin angin, kecepatan angin, sudut *pitch*, dan beban torsi pengereman. Untuk mendapatkan data tersebut diperlukan peralatan dan alat ukur serta prosedur pengujian. Adapun susunan peralatan

dan instrumen pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Sedangkan peralatan dan instrumen yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain :

1. *Anemometer*
Merk : Lutron ABH 4225
Unit : m/s, km/h, knot
2. *Tachometer*
Merk : KRISBOW
Unit : m/min, rpm
3. Terowongan angin tipe *subsonic open circuit* dengan luas penampang 2025 cm².
4. Anak timbangan berfungsi untuk membebani poros turbin sehingga karakteristik turbin diperoleh.

Tabel 1. Dimensi geometris dari model turbin angin

Jenis Bilah airfoil	<i>modified</i> NACA 0018
Jumlah Bilah per tingkat, B	3
Panjang Chord, c (m)	0,034
Panjang span, h (m)	0,15
Diameter Rotor, D (m)	0,3
Tinggi Rotor (Tingkat), H (m)	0,15
Jumlah Tingkat	2
Soliditas Rotor, $\sigma = B.c/D$	0,34
Jenis Bilah Kurva	Kurva S
Jumlah Bilah per tingkat	2
Luas bilah	180 cm ² dan 240 cm ²

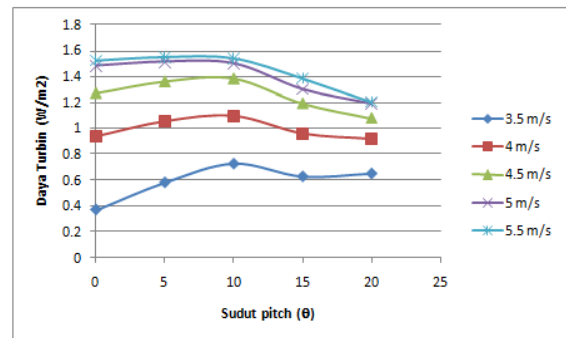


Gambar 1. Rangkaian instrumen penelitian

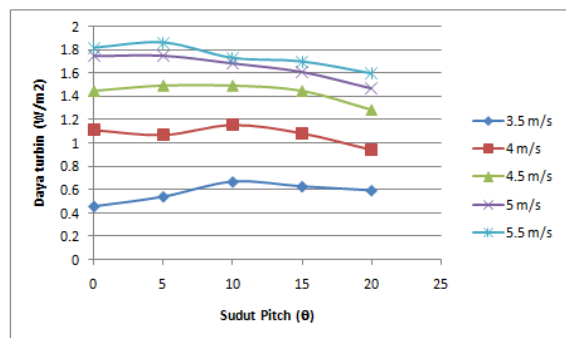
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Variasi sudut *pitch* pada beban tetap 500 g

Hasil pengujian model turbin angin yang merupakan kombinasi bilah (hibrid) profile *modified* NACA 0018 dengan bilah kurva S dengan variasi luasan yaitu 240 cm² dan 180 cm², dipaparkan dalam Gambar 2 sampai Gambar 5.



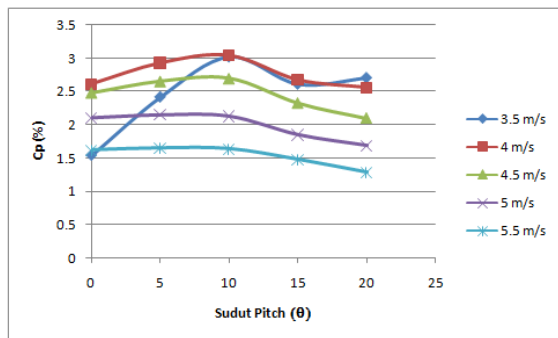
Gambar 2. Daya spesifik model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 180 cm² pada beban 500 g



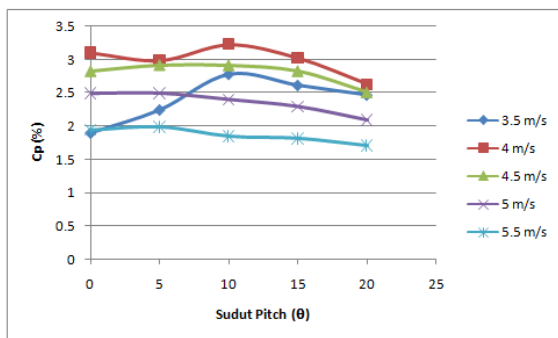
Gambar 3. Daya spesifik model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 240 cm² pada beban 500 g

Dari Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa daya spesifik model turbin angin pada kecepatan angin rendah 3,5 – 4,5 m/s meningkat seiring penambahan sudut *pitch* hingga 10°, kemudian turun seiring dengan penambahan sudut *pitch*. Sedangkan untuk kecepatan angin tinggi penambahan sudut *pitch* hingga 10° daya yang dihasilkan cenderung konstan setelah itu turun. Hal ini disebabkan pada kecepatan angin yang rendah, aliran yang melintasi daerah *tip* bilah kurva S dan bilah *modified* NACA 0018 (lihat Gambar

6 daerah X) mengalami percepatan sehingga terjadi peningkatan kecepatan pada ujung bilah *modified* NACA 0018 yang menyebabkan putaran turbin meningkat.



Gambar 4. Cp model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 180 cm² pada beban 500 g

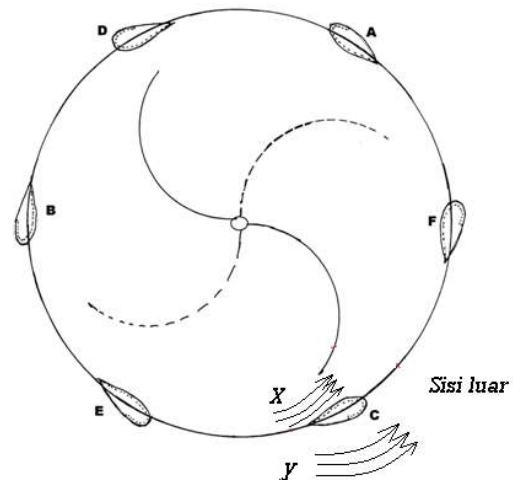


Gambar 5. Cp model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 240 cm² pada beban 500 g

Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan daya yang dihasilkan turbin. Namun seiring bertambahnya sudut *pitch* kearah *toe-in* [9], maka daya yang dihasilkan model turbin menurun, hal ini diduga semakin besar sudut *pitch* arah *toe-in* menyebabkan jarak antara ujung dari bilah kurva S dan bilah *modified* NACA 0018 semakin sempit sehingga aliran akan mengalami hambatan, sehingga banyak massa udara mengalir disisi luar bilah *modified* NACA 0018 (lihat Gambar 6 daerah Y), hal ini juga menyebabkan kecepatan pada ujung bilah *modified* NACA 0018 mengalami penurunan.

Koefisien kinerja dari model turbin (lihat Gambar 4 dan 5) juga mengalami fenomena yang sama dengan daya dengan hasil terbaik pada sudut 10° pada kecepatan angin 4 m/s. Hal ini dikarenakan seiring kenaikan kecepatan angin maka massa udara yang

mengalir semakin besar sehingga menyebabkan terjadinya hambatan karena antrian udara untuk menyapu permukaan bilah kurva S dan *modified* NACA 0018. Fenomena ini menyebabkan banyak aliran massa melintasi sisi luar dari turbin, hal inilah yang menyebabkan turunnya kemampuan model turbin untuk mengekstraksi potensi energi angin yang ada.



Gambar 6. Perkiraan pola aliran melintasi konfigurasi turbin angin bilah hibrid

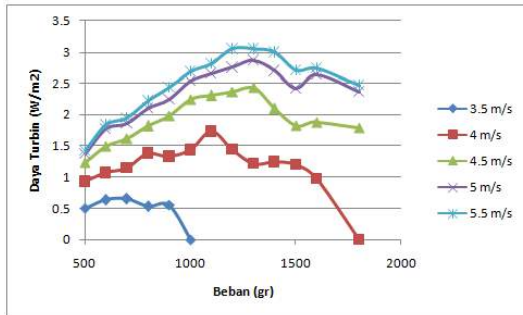
Alasan ini diduga sebagai faktor penyebab terjadinya penurunan nilai koefisien kinerja pada kecepatan angin yang tinggi. Nilai koefisien kinerja terbaik untuk luasan kurva S 180 cm² diperoleh pada rentang λ sebesar 0,3-0,4 dengan nilai mendekati 5% sedangkan untuk luasan kurva S 240 cm² diperoleh pada rentang *tip speed ratio* (λ) sebesar 0,25-0,4 dengan nilai mendekati 4%.

3.2 Variasi beban pada sudut *pitch* yang optimum

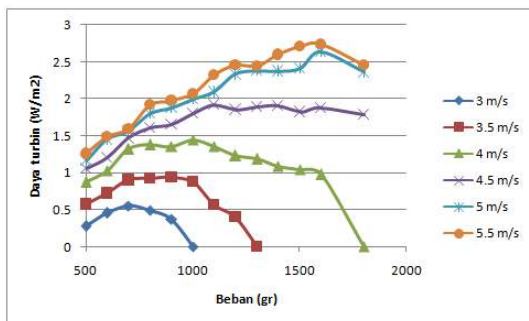
Setelah diperoleh sudut *pitch* yang menghasilkan kinerja model turbin angin yang baik, maka penelitian dilanjutkan dengan memvariasikan beban agar diperoleh data kemampuan yang optimum dari model turbin yang didesain. Data hasil pengujian model turbin angin dengan memvariasikan beban disajikan pada Gambar 7 sampai Gambar 10.

Dari Gambar 7 dan Gambar 8 terlihat bahwa kemampuan dari model turbin dengan luasan kurva S yang semakin besar, untuk menyerap energi angin menurun. Hal ini disebabkan dengan semakin luas permukaan bilah kurva S maka permukaan bilah yang

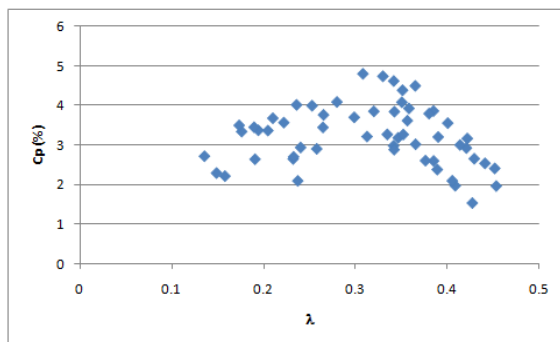
menerima aliran menjadi semakin besar sehingga selain menghasilkan gaya *drag* yang lebih besar bagian cekungnya (*concave*) yang menghasilkan torsi positif, juga menghasilkan gaya *drag* yang lebih besar bagian cembungnya (*convex*) yang menghasilkan torsi negatif lihat Gambar 11.



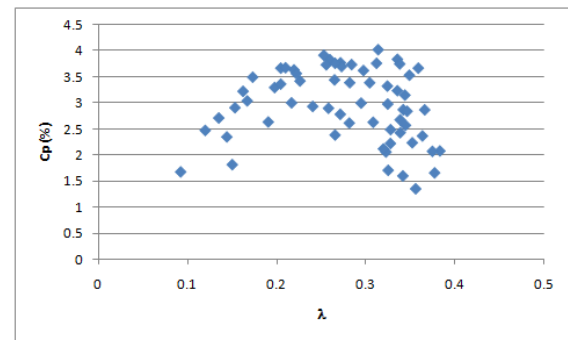
Gambar 7. Daya spesifik model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 180 cm² pada variasi beban



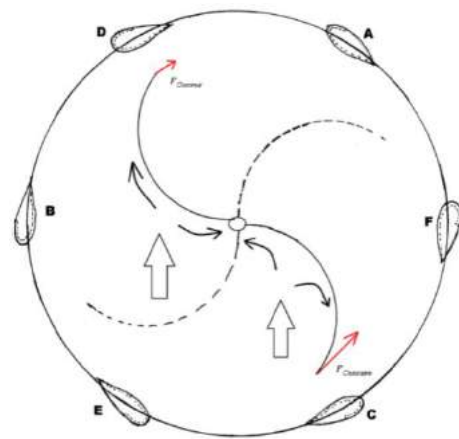
Gambar 8. Daya spesifik model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 240 cm² pada variasi beban



Gambar 9. Cp model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 180 cm² pada variasi beban



Gambar 10. Cp model turbin angin bilah hibrid dua tingkat untuk bilah kurva S dengan luasan 240 cm² pada variasi beban



Gambar 11. Skema gaya drag yang bekerja pada bilah kurva S

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian model turbin angin dengan bilah hibrid profil *modified* NACA 0018 dan kurva S dengan susunan dua tingkat di terowongan angin dapat ditarik beberapa kesimpulan.

1. Perubahan sudut *pitch* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja model turbin angin baik model turbin angin dengan kombinasi bilah kurva S dengan luasan 180 cm² maupun 240 cm². Sudut *pitch* optimum terjadi pada sudut 10° untuk kedua luasan kurva S.
2. Nilai koefisien kinerja (Cp) yang terbaik untuk bilah kurva S dengan luasan kurva S 180 cm² diperoleh pada rentang λ sebesar 0,3-0,4

dengan nilai mendekati 5% sedangkan untuk luasan kurva S 240 cm² diperoleh pada rentang λ sebesar 0,25-0,4 dengan nilai mendekati 4%.

3. Model turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan bilah hibrid ini terkategori turbin tipe *drag*.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Negeri Unesa dalam skema Penelitian Hibah Bersaing BOPTN 2015 dengan SPK No: 050.74/UN38.11-P/LT/2015

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahrial E, "Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia," (<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-2012-dcexnjb.pdf>), 2012. (diakses 28 Mei 2017).
- [2] Armely dkk, "Bumi Makin Panas," (<http://www.pelangi.or.id/publikasi/2007/bumi-makin-panas.pdf>, 2004 (diakses 27 Mei 2008).
- [3] Martosaputro S., Murti N., "Blowing the Wind Energy in Indonesia," Energy Procedia 47 (273 – 282), 2014.
- [4] Musyafa A., I. Made Yulistya Negara, Robandi I., "A Wind Turbine for Low Rated Wind Speed Region in East Java," International Journal Of Academic Research Vol. 3 No. 5, Part II, 2011.
- [5] Pratomo Y., "Indonesia pun bisa memanen energi angin," <http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/>, 2012. (diakses 28 Mei 2017).
- [6] Anonim, "Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia," (<http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/3588--kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah-ubah.html>). (diakses 28 Mei 2017).
- [7] Claessens, M.C., "The Design and Testing of Airfoils for Application in Small Vertical Axis Wind turbines," Delft University, 2009.
- [8] Mathew, S. 2006, "Wind Energy: Fundamental, resource Analysis and Economics.", Springer.
- [9] Fiedler, Andrzej J. & Stephen Tullis, "Blade. Offset and Pitch Effects on a High. Solidity Vertical Axis Wind Turbine". Wind Engineering Volume 33, No. 3 pp. 237–246, 2009.
- [10] Radu, Bogăţeanu., Bogdan Dobrescu, Ion Nilă, "Aerodynamic performance prediction of Darrieus-type wind turbines," Incas Bulletin, Volume 2, No.2. pp. 26 – 32, 2010.
- [11] El-Samanoudy, M., A.A.E. Ghorab, Sh. Z. Youssef, "Effect of some design parameters on the performance of a Giromill vertical axis wind turbine," Ain Shams Engineering Journal 1, pp. 85–95, 2010.
- [12] Payam S., Haniyeh R., Ayat F., "Determination of Vertical Axis Wind Turbines Optimal Configuration through CFD Simulations," International Conference on Future Environment and Energi IPCBEE Vol.28, 2012.
- [13] Marco Raciti Castelli, Stefano De Betta and Ernesto Benini., "Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darrieus Wind Turbine," International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol 6, No 1, 2012.
- [14] Siregar, Indra Herlamba. "Komparasi Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H dengan Bilah Profile Naca 0018 dengan dan Tanpa Wind Deflector," Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder Vol 1. No.1 pp. 28-34, 2014.
- [15] Siregar, Indra Herlamba, "Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Bilah Profile Modified NACA 0018 Dengan dan Tanpa Wind Deflector," Jurnal OTOPRO Vol 8. No 2 pp. 126-138. 2013.
- [16] Dumitrescu, H., A. Dumitrache., C. L. Popescu , M. O. Popescu, F. Frunzulică and A. Crăciunescu. "Wind Tunnel Experiments on Vertical-Axis Wind Turbines with Straight Blades," International Conference on Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ'14), Cordoba (Spain) , 2014.

EFFECT COMBINATION CROSS FLOW AND SAVONIUS TYPE J BLADES ON THE PERFORMANCE OF TWO STAGES VERTICAL AXIS WIND TURBINE ON REAL CONDITION

Herlamba Indra Siregar¹, Dwi Kurniawan Wahyu²

1,2 Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering, State University of Surabaya
Kampus UNESA Ketintang Building A.6 2nd Floor. 60231
indrasiregar@unesa.ac.id

Abstract

Indonesia is a country located on the equator so that the direction of the wind changes low with an average wind speed of 2-6 m / s. Therefore it is Necessary to develop vertical axis wind turbines to convert wind energy into mechanical energy in the form of rotation of the shaft used to rotate the generator to generate electrical energy. This study goal to determine the effect combination of cross flow blades and J-type or hybrid blades Savonius blades in a two-stages arrangement of wind turbine performance. The research parameters were variations of number of cross flow blades of 6 and 12 while the number of fixed blades type A was 2. The results revealed that the best combination was the number of cross flow blades 12 with the Savonius Type A blade at a speed of 6:21 m / s capable of generating electrical power 20,36 Watt with efficiency 7,08 %.

Keywords: Wind energy, cross flow blades, J-type Savonius blades, Electrical power and efficiency

1. INTRODUCTION

Wind is one of the energy sources that are renewable and environmentally friendly which Indonesia with 80791.42 km coastline is a potential area for wind energy development with average wind speed Indonesian coastal area is generally between 3 m / s to 6.3 m / sec, estimated total wind energy potential to reach 9 GW (PEU, 2006).

The geographical position of Indonesia as a tropical country causes the characteristics of the wind in Indonesia is very different from the characteristics of the wind in the developed countries that have made use of wind as an energy source, including wind direction change often, where this condition causes the sustainability of energy production from

wind turbines horizontal axis interrupted for turbine rotors must always dealing with the arrival of the wind direction (Anonymous, 2013), it is not found on the vertical axis wind turbine in which a turbine of this type of movement is not dependent on wind direction therefore requires the development of vertical axis wind turbines as equipment that extract energy the wind is very urgent. There are two types of vertical axis wind turbine that is the type of drag commonly known Savonius wind turbine and lift type commonly known by the Darrieus wind turbine (Tian HJ, 2006).

In recent years many studies conducted related to the Savonius wind turbine, which is classified by the dimensions of blades, blade profile, multi-stage, *end plates* and the use of additional

equipment to increase the power that can be generated by the turbine Savonius based.

The aspect ratio of the wind turbine Savonius which is a ratio of the height and diameter of the blade, wherein the larger the ratio of the aspect ratio of the lower losses due to the effect of the end of the bar from the research aspect ratio of 4 produces efficiency best for blade Savonius conventional (Saha, 2008), but with due regard to stability the structure of the aspect ratio on Savonius wind turbine is a smaller 1.5 (Akwa, 2012).

Overlap ratio on Savonius wind turbine is the ratio of the distance between the blades with a diameter of Savonius blades (see figure 3b) the best in value ranges overlap ratio of 0.2 to 0.3 (Fujisawa, 1992)

The effect of the number of blades on a wind turbine Savonius have many conscientious either by Mahmoud et al (2012), Ali (2013), Fitrandi et al (2014) and Wenehenubuna et al (2015), the results of their study explained that the more the number of blades on a wind turbine Savonius impact on the decline in performance of the turbine and the number of blades 2 which is the number of turbines that produce the best performance.

Research on geometric shape blades of the wind turbine Savonius which aims to improve the performance of the turbine have been carried out by researchers including Modi VJ et al (1989), Kamoji et al (2009), Kacprzak (2013) and Tartuferi (2015) which modifies the curvature of the base bar found by Savonius. Kamoji et al (2009) and Damak (2013) did a *twist* on the basis of wind turbine blades Savonius while Hasan (2013) propose the addition of elliptical fin design for Savonius turbine blades.

Study the effect of the number of stage of the Savonius wind turbine blades with standard blade number two per stage Hayasi et al (2005), Kamoji et al (2008),

Jian et al (2012) and Chen et al (2016). While Kamoji et al (2011) studied with the modified blade To Kumbornuss et al (2012) examined the standard blade with three blades per stage.

To improve the performance of wind turbine Savonius many researchers add equipment in to speed the flow of the wind blades in the form of box Irabu et al (2007) and circular Fitrandi et al (2015), Altan et al (2010) refers to the direction of flow toward the *advancing blade* which aims to add impetus and blocking the flow of the *returning bar* so that inhibition is reduced, while Mohamed (2011) and Golecha (2011) just add a bulby (*obstacle*) before *returning blades* to reduce power resistor.

From the description above relating to the results of previous studies, this study aims to determine the characteristics of the generated power and the efficiency of the wind turbine Savonius type A two-level on the wind field with variation changes the angle of curved slats.

2. WIND TURBINE PERFORMANCE PARAMETERS

In order for the data of test results are analyzed and presented in graphical form, needs be elaborated wind turbine performance parameters that

1. **wind power** is the energy per unit time of air moving at a certain speed which is formulated as follows:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho S U^3 \dots\dots\dots (1)$$

2. **Power Generator** is the energy per unit time that can be generated by formulated as follows:

$$P_g = V.I \dots\dots\dots (2)$$

where V is the voltage and the first electric current generated by the generator.

3. **Overall Efficiency Wind Turbine** is a value that indicates the ratio of the power produced by the wind power generator to be formulated as follows:

$$\eta = \frac{P_G}{P_w} \dots\dots\dots (3)$$

4. **Tip Speed Ratio** is a comparison of the speed at the tip of the turbine blade(*tip*) with wind speed formulated as follows:

$$TSR = \frac{\omega R}{U} \dots\dots\dots (4)$$

3. RESEARCH METHODOLOGY

Variables Research

The study goals to analyze the relationship between the independent variables were tested and the response variables were then analyzed after the results of the analysis presented in the form of pictures or exposure while variable-variable are classified into three:

1. The independent variable is the variation of the treatment given the wind turbine, which in this studies the independent variable, is the number of crossflow blades variation of 6.8 and 12.

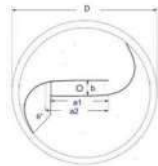


Figure 1. Profile blades of type J Savonius in the first stage



Figure 2. Profile cross flow blades on the second stage

2. The dependent variable is variable results, for this study are the electrical power and Efficiency Overall of wind turbines.
3. Variable control is something that is controlled so that the research remains focused on the issues examined. Control variables in this study are a model of a wind turbine whose dimensions can showed in Table 1.

Equipment and Instruments Research

In a study now wind turbine prototype specifications can be seen in table 1.

Table 1. Dimensions geometric model of a wind turbine

Blade Profile	J
Number of Blades / stage	2
Blade length [m]	0.5
High-Blade, [m]	1
Material	Cast Iron
Plate thickness [mm]	0.8
Blade Profile	U
Number of Blades / stage	6.8, and 12
Length of arc, [m]	0 , 2
High of arc [m]	0.1
Material	Cast Iron
Plate thickness [mm]	0.5
Rotor Diameter [m]	1
Pulley diameter turbine, [m]	0.3
Diameter pulley generator, [m]	0.05
Swept Area (S), m ²	2

Data collection is an important process to achieve the goal of research in which the measured parameter is the rotation axis wind turbine, wind speed, voltage and current generators, to obtain the data necessary equipment and measuring devices and testing procedures. The wind turbine models tested can be seen in Figure 2. The

Study was conducted on a real wind conditions on the ground.



Figure 3. Prototype wind turbine

4. DISCUSSION

The results explain that to the number of blades crossflow 6 Figures 4 and 5. For the blades which is a combination hybrid crossflow blades 6 and two blades Savonius type J shows that the electric power generated increases with wind speed with a maximum power of 16 W at a speed of 6.54 m / s, while the maximum efficiency obtained amounted to 8.64% at a wind speed of 3.5 m / s with electric power obtained at 4.4 W.

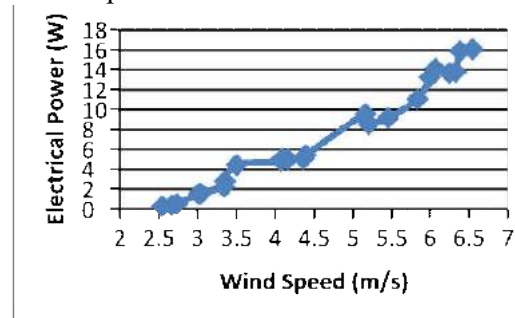


Figure 4. Relationship electric power generated by the wind speed for a combination of 6 blades crossflow and 2 blades Savonius type J

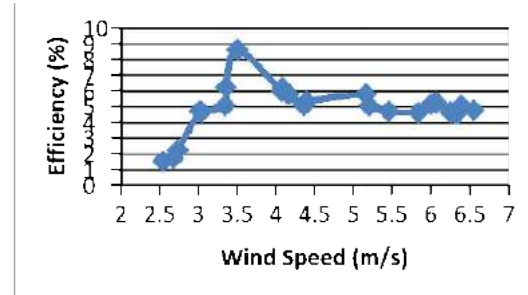


Figure 5. Relationship efficiency is generated by wind speed for a combination of 6 blades crossflow and 2 Savonius blades type J

Blade hybrid which are combination of 8 blades crossflow and two blades Savonius type J tendency to generate electric power increases with wind speed increase with maximum power 16 W at a speed of 6.31 m / s see Figure 6. While the maximum efficiency obtained amounted to 14.37% at a wind speed of 3.89 m / s with electric power obtained at 10.15 W see Figure 7.

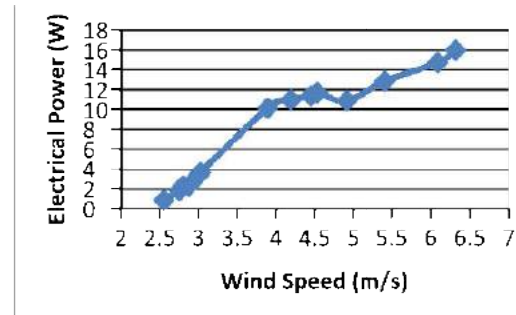


Figure 6 . Relationships electric power generated by the wind speed for a combination of 8 blades crossflow and 2 blades Savonius type J

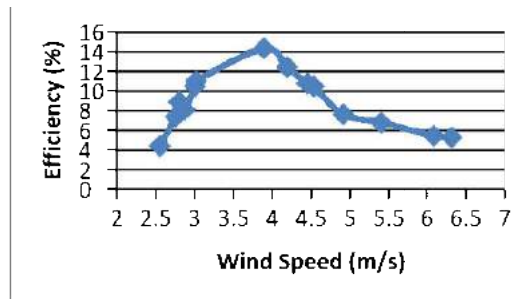


Figure 7. Relationship efficiency is produced by wind speed for a combination of 8 blades crossflow and 2 blades Savonius type J

While blade hybrid which are combination of 12 blades crossflow and two blades Savonius type J shows that the electric power generated increases with wind speed increases with a maximum electrical power generate 20.62 W at a speed of 6, 21 m / s after the increase in wind speed causes the generated power down see figure 8, it is presumably due to the number of cross flow blades that much on high-speed air flow across the blade crossflow more flowing on the outside of the turbine.

Efficiency on this combination tends to decrease with increasing speed with maximum efficiency obtained with this combination of 23.5% at a wind speed of 2.31 m / s with electric power obtained at 4.4 W see Figure 9.

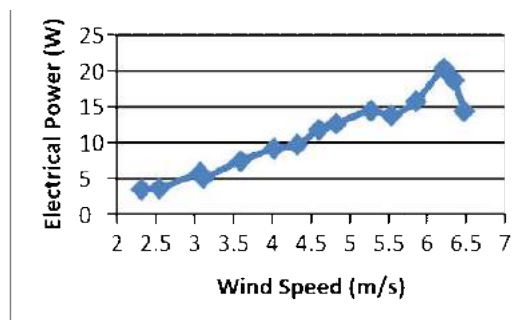


Figure 8. relations electric power generated by the wind speed for a combination of 12 blades crossflow and 2 blades Savonius type J

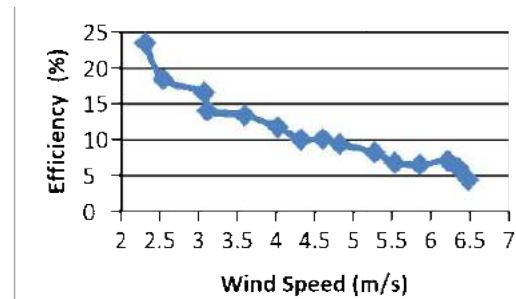


Figure 9. Relationships Efficiency generated by wind speed for a combination of 12 blades crossflow and 2 blades Savonius type j

5. CONCLUSION

From the description above, a number of conclusions for a vertical axis wind turbine with blades hybrid is a combination of crossflow and Savonius blades type a as follows:

- Highest efficiency of wind turbines at low wind speed of 2.31 m / s at 23.5% for the 12 blades crossflow and the two of blades Savonius type J.
- The highest electric power generated of wind turbines at wind speed of 6,21 m / s at 20,62 W to the 12 blades crossflow and the two blades Savonius type J.

Acknowledgments

The author would like to thank the Ministry for Research, Technology and Higher Education through the Institute for Research and Community Service Surabaya State University who has been financially supporting this research through a grant scheme of funding decentralization Competition BOPTN 2017.

REFERENCES

- PEU 2006, Wind Energy Country Analyzes Indonesia (Online)

- (https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_Country_Analyses_Indonesia accessed 13 August 2016).
2. Anonymous, 2013, the **compatibility with the prevailing winds in Indonesia**, <http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/3588--kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah>
 3. HJ-ubah.html Tian, Wang TL and Wang Y 2006, summarize of the development of the vertical axis wind turbine. *Appl Energy Resource Technology*; 11:22-27.
 4. Altan, BD, Atilgan, M., 2010, The use of a curtain design to Increase the performance level of a Savonius wind rotors, *Renewable Energy* 35 (2010) 821-829.
 5. Anonymous, General Review, http://www.bi.go.id/en/publikasi/laporan-tahunan/perekonomian/Documents/General_Review.pdf accessed June 18, 2016.
 6. Akwa JV, Vielmo HA, and Petry AP, 2012, A review on the performance of Savonius wind turbines, *Renewable and Sustainable Energy reviews*, Vol. 16, No. 5, pp. 3054-3064.
 7. Fitrandi, Robby Ilham., Siregar, Indra Herlamba., 2014, WIND TURBINE CHARACTERISTICS *Savonius 2 AND 3 BAR WITH HELP GUIDE* VANE, *Journal of Mechanical Engineering* Vol 2, No. 02. 125-131.
 8. Kamoji, M., Kedare, S., Prabhu, S., 2009, Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor, *Applied Energy* 86, 1064-1073.
 9. Kamoji, M., Kedare, S., Prabhu, S., 2008, Experimental investigations on Two and Three stage modified Savonius rotor, *International Journal of Energy Research*, No.32, 877-895.
 10. Jian, C., Chen, L., Nie, L., Xu, H., Mo, Y., 2016, Experimental study of a two-stage Savonius rotors with different gap ratios and phase shift angles, the *Journal of Renewable and Sustainable*, vol.8, 063302-1-063302-16.
 11. Kumbernuss, J., Chen, J., Yang, H., Lu, L., 2012, Investigation into the relationship of the overlap ratio and shift angle of bilahd three double stage vertical axis wind turbine (VAWT), *Journal of Wind Engineering and Industrial , Aerodynamics* 107-108 (2012) 57-75.
 12. Irabu, K. Roy, J., 2007, Characteristics of wind power on Savonius rotor using a guide-box tunnel *Experimental Thermal and Fluid Science* 32 (2007) 580-586.
 13. Pusdatin EMR 2011, *Indonesia Energy Outlook 2010 ey Indicator of Indonesian Energy and Mineral Resources*. (Online) (www.esdm.go.id/publikasi/statistik/doc_download/487-key-indicator-of-Indonesia-energy-and-mineral-resources.html), accessed on January 30, 2013).
 14. Ronit K. Singh, M. Rafiuddin Ahmed, 2013, Blade design and performance testing of a small wind turbine for low wind speed rotor applications *Original Article Renewable Energy Research, Volume 50, February 2013, Pages 812-819*.
 15. Thomas R. Anderson, Ed Hawkins, and Philip D. Jones, 2016, CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System *Models, Endeavor Volume 40, Issue 3, Pages 178-187*.
 16. WWEA, 2011, The World Wind Energy Report 2011. (Online) (<http://www.wwindea.org/webimages/WorldWindEnergiReport2011.pdf>), accessed on February 5, 2013).

17. **Yudha Pratomo, 2012**, Indonesia Wind Energy Harvesting Can Pun. *(Online)*
(<http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/>
accessed 2 Februari 2013).
18. Burçin Deda Altan, Mehmet Atılğan 2010, the use of a curtain design to Increase the performance level of a Savonius wind rotors, *Renewable Energy* 35:821-829.
19. Dumitrescu, H., A. Dumitrache., CL Popescu, MO Popescu. , F. Frunzulică and A. Crăciunescu. 2014. "Wind Tunnel Experiments on Vertical-Axis Wind Turbines with Straight Bilahs" *Renewable Energy and Power Quality Journal*.

PENGARUH PERUBAHAN SUDUT LENGKUNG BILAH TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL SAVONIUS TIPE J DUA TINGKAT PADA KONDISI ANGIN LAPANGAN

Indra Herlamba Siregar¹, Wahyu Dwi Kurniawan²

1,2 Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Kampus UNESA Raya Ketintang Gedung A.6 Lt 2. 60231

indrasiregar@unesa.ac.id

Angin merupakan udara yang bergerak disebabkan adanya perbedaan tekanan udara yang mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah. Angin di Indonesia memiliki kecepatan rata-rata 2-6 m/s. Melihat kebutuhan energi listrik terus meningkat, pemanfaatan energi angin berpotensi sebagai pembangkit listrik alternatif. Turbin angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros yang digunakan memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Turbin angin savonius tipe-S adalah salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang dapat digunakan pada angin dengan kecepatan rendah yang memiliki keuntungan konstruksi sederhana dan memiliki torsi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut lengkung bilah terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Dengan langkah awal membuat turbin angin 2 bilah 2 tingkat diameter lingkaran 1 m dan tinggi 2 m dan variasi perubahan sudut lengkung bilah 125°, 130°, 135°. Cara pengambilan data dengan merubah posisi kedudukan lengkung bilah dengan variasi sudut yang ditentukan selanjutnya diuji pada kondisi angin *real* dengan pengukuran kecepatan angin, putaran poros turbin, tegangan dan kuat arus listrik kemudian diformulasikan kedalam rumus dan dilakukan analisis. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa perubahan sudut lengkung bilah terhadap kinerja turbin angin savonius tipe S dua tingkat pada kondisi angin real berpengaruh terhadap kinerja putaran poros dan self starting, turbin savonius dengan sudut lengkung bilah 125° lebih tinggi pada kecepatan angin 2,47 m/s dari sudut lengkung 130° pada kecepatan angin 2,67 m/s dan sudut lengkung bilah 135° pada kecepatan angin 2,78 m/s pada saat self startingnya hal ini dipengaruhi oleh perubahan profil lengkungan yang menyebabkan gaya dorong lebih tinggi pada sudut lengkung bilah 125°. Daya tertinggi dihasilkan turbin angin savonius tipe S dua tingkat variasi sudut lengkung bilah 125° sebesar (P_w) 373,41 watt dan daya elektrik generator (P_g) 47,33 watt pada kecepatan angin 6,73 m/s dengan tip speed ratio (λ) 0,76. Efisiensi (η) turbin angin savonius tipe S dua tingkat pada kondisi angin real tertinggi dihasilkan oleh dengan variasi sudut lengkung bilah 125° sebesar 24,92 % pada kecepatan angin 3,42 m/s

Kata Kunci : Energi angin, Turbin angin Savonius, Sudut Lengkung Bilah, Daya dan Efisiensi

Abstract

Wind is the moving air due to the difference in air pressure flowing from the high pressure area to the lower pressure region. The wind in Indonesia has an average speed of 2-6 m / s. Seeing the need for electrical energy continues to increase, the utilization of wind energy has the potential as an alternative power plant. The wind turbine works to convert the kinetic energy of the wind into mechanical energy in the form of rotation of the shaft used to rotate the dynamo or generator to generate electricity. The S-type savonius wind turbine is one type

of vertical axis wind turbine (VAWT) that can be used in low-speed winds that have the advantage of simple construction and have high torque. This study aims to determine the effect of changes in the angle of the bilah to the power and efficiency produced. This research uses experimental research type. With the initial step of making 2-bilah wind turbine 2 levels of circle diameter 1 m and height 2 m and variation of bilah curve angle change 125° , 130° , 135° . The way of taking data by changing the position of the curved holder of the bilah with the specified angle variation is then tested on real wind conditions with wind speed measurement, turbine spinning, voltage and electric current strength then formulated into the formula and analyzed. From the results of this study it can be seen that the change in the angle of the bilah angle to the performance of wind turbine savonius type S two levels in the real wind conditions affect the shaft rotation performance and self starting, turbine savonius with 125° curved bilah angle at wind speed $2,47 \text{ m/s}$ from curve angle 130° at wind speed $2,67 \text{ m/s}$ and angle blend 135° at wind speed $2,78 \text{ m/s}$ at moment of self starting. This is influenced by the change in arch profile which causes a higher thrust force at the corner of the 125° bilah arc. The highest power is produced by wind turbine savonius type S two level variation of curved bilah angle 125° value (P_w) 373,41 watt Electrical power generator (P_g) 47,33 watt with wind speed $6,73 \text{ m/s}$ tip speed ratio (λ) 0,76. The efficiency (η) of a two-tier savonius wind turbine in the highest real wind conditions is generated by the variation of the 125° bilah arc angle of 24.92% at a wind speed of 3.42 m/s .

Keywords: Wind energy, Wind turbine savonius, Curve angle bilah, power and efficiency

a. PENDAHULUAN

Angin adalah salah satu sumber energi yang sifatnya terbaharukan dan ramah lingkungan dimana Indonesia dengan garis pantai sepanjang 80.791,42 km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan energi angin dengan kecepatan angin rata-rata dipesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/detik hingga 6,3 m/detik, diperkirakan total potensi energi angin mencapai 9 GW (PEU, 2006).

Letak geografis Indonesia sebagai negara tropis menyebabkan karakteristik angin di Indonesia sangat berbeda dengan karakteristik angin di negara-negara maju yang telah memanfaatkan angin sebagai sumber energinya antara lain arah angin yang sering berubah-ubah, dimana kondisi ini menyebabkan kesinambungan produksi energi dari turbin angin sumbu horizontal terganggu karena rotor turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin (Anonim, 2013), hal ini tidak dijumpai pada turbin angin sumbu vertikal dimana turbin jenis ini bergerak tidak tergantung dari arah angin oleh karena itu diperlukan pengembangan turbin angin

sumbu vertikal sebagai peralatan yang mengekstrak energi angin sangatlah urgen. Ada dua tipe turbin angin sumbu vertikal yaitu tipe drag yang biasa dikenal dengan turbin angin Savonius dan tipe lift yang biasa dikenal dengan turbin angin Darrieus (Tian HJ, 2006).

Pada akhir-akhir banyak penelitian yang dilakukan terkait dengan turbin angin savonius, yang terklasifikasi dengan dimensi bilah, profil bilah, *multi stage*, *end plates* dan pemanfaatan peralatan tambahan untuk meningkatkan daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin berbasis savonius.

Aspek rasio pada turbin angin savonius yang merupakan perbandingan tinggi dan diameter bilah, dimana semakin besar perbandingan aspek rasio semakin rendah kerugian akibat pengaruh dari ujung bilah dari penelitian aspek rasio 4 menghasilkan efisiensi terbaik untuk bilah savonius konvensional (Saha, 2008), namun dengan memperhatikan stabilitas struktur maka aspek ratio pada turbin angin savonius adalah lebih kecil 1,5 (akwa, 2012).

Overlap rasio pada turbin angin savonius adalah perbandingan jarak antara bilah dengan diameter bilah savonius (lihat gambar 3.b) yang terbaik pada rentang nilai overlap rasio 0,2 sampai dengan 0,3 (Fujisawa, 1992)

Pengaruh jumlah bilah pada turbin angin savonius telah banyak di teliti baik oleh Mahmoud dkk (2012), Ali (2013), Fitrandi dkk (2014) dan Wenehenubuna dkk (2015), hasil penelitian mereka memaparkan bahwa semakin banyak jumlah bilah pada turbin angin savonius berdampak terhadap penurunan kinerja turbin dan jumlah bilah 2 yang adalah jumlah yang menghasilkan kinerja turbin yang terbaik.

Penelitian terhadap bentuk geometris bilah dari turbin angin savonius yang bertujuan meningkatkan kinerja turbin telah banyak dilakukan oleh para peneliti antara lain Modi VJ dkk (1989), Kamoji dkk (2009), Kacprzak (2013) dan Tartuferi (2015) yang memodifikasi bentuk kurva dasar bilah yang ditemukan oleh Savonius. Kamoji dkk (2009) dan Damak (2013) melakukan *twist* pada bilah dasar turbin angin Savonius. Sedangkan Hasan (2013) mengajukan desain penambahan elliptical fin untuk bilah turbin savonius.

Penelitian pengaruh jumlah tingkat terhadap turbin angin savonius dengan bilah standard jumlah bilah dua peringkat Hayasi dkk (2005), Kamoji dkk (2008), Jian dkk (2012) dan Chen dkk (2016). Sedangkan Kamoji dkk (2011) meneliti dengan bilah termodifikasi Untuk Kumbernuss dkk (2012) meneliti dengan bilah standard jumlah bilah tiga peringkat.

Untuk meningkatkan kinerja turbin angin Savonius banyak peneliti menambahkan peralatan untuk mempecepat aliran angin menerpa bilah baik dalam bentuk box Irabu dkk (2007) maupun circular Fitrandi dkk (2015), Altan dkk (2010) mengarah arah aliran menuju *advancing bilah* yang bertujuan menambah daya dorong dan menghalangi aliran ke *returning bilah* agar daya hambat

berkurang, sedangkan Mohamed (2011) dan Golecha (2011) hanya menambahkan pengganggu (*obstacle*) di depan *returning bilah* untuk mengurangi daya hambat.

Dari uraian diatas yang berkaitan hasil-hasil penelitian terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin savonius tipe J dua tingkat pada kondisi angin lapangan dengan variasi perubahan sudut lengkung bilah.

b. PARAMETER KINERJA TURBIN ANGIN

Agar data-data hasil pengujian dapat dianalisa dan dipaparkan dalam bentuk grafik, perlu kiranya dijabarkan parameter kinerja turbin angin yaitu

1. **Daya Angin** adalah energi per satuan waktu dari udara yang bergerak dengan kecepatan tertentu yang diformulasikan sebagai berikut:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho S U^3 \dots (1)$$

2. **Daya Generator** adalah energi per satuan waktu yang dapat dihasilkan oleh yang diformulasikan sebagai berikut :

$$P_G = V . I \dots\dots\dots (2)$$

dimana V adalah tegangan dan I arus listrik yang dihasilkan oleh generator.

3. **Effisiensi Overall Turbin Angin** adalah suatu nilai yang menunjukkan rasio daya yang dihasilkan oleh generator dengan daya angin diformulasikan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_G}{P_w} \dots\dots\dots (3)$$

4. **Tip Speed Ratio** adalah perbandingan kecepatan di ujung bilah turbin (*tip*) dengan kecepatan udara yang diformulasikan sebagai berikut :

$$TSR = \frac{\omega R}{U} \dots\dots\dots (4)$$

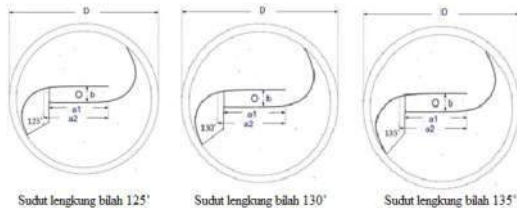
3. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel-Variabel Penelitian

Penelitian bertujuan menganalisis hubungan antara variabel bebas yang diujikan dan variabel respon yang kemudian dianalisa setelah itu hasil analisa disajikan dalam bentuk gambar ataupun paparan adapun variable-variabe tersebut diklasifikasikan menjadi tiga, antara lain:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variasi perlakuan yang diberikan pada turbin angin dimana pada penelitian ini adalah variable bebasnya adalah variasi kecepatan angin, sudut lengkung sudut bilah 125^0 , 130^0 dan 135^0 .



Gambar 1. Variasi perubahan sudut lengkung bilah

2. Variabel Terikat adalah variable hasil, untuk penelitian ini variabel terikatnya adalah daya dan Effisiensi Overall turbin angin.
3. Variabel Kontrol adalah sesuatu yang dikontrol agar penelitian tetap fokus pada masalah yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah model turbin angin yang dimensinya dapat dilihat pada tabel 1.

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan sekarang spesifikasi model turbin angin dapat dilihat pada table 1.

Pengambilan data merupakan suatu proses penting untuk mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur

adalah putaran poros turbin angin, kecepatan angin, tegangan dan arus generator. Untuk mendapatkan data-data tersebut diperlukan peralatan dan alat ukur serta prosedur pengujian. Adapun model turbin angin yang diujikan dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1. Dimensi geometris model turbin angin

Profile Bilah	J
Jumlah Bilah/tingkat	2
Panjang Bilah, [m]	0,5
Tinggi Bilah, [m]	1
Bahan	Plat Seng
Tebal Plat, [mm]	0,5
Diameter Rotor, [m]	1
Diameter pulley turbin, [m]	0,3
Diameter pulley generator, [m]	0,05
Luas sapuan (S), m ²	2

Penelitian dilakukan pada kondisi angin nyata di lapangan.



Gambar 2. Model turbin angin dilapangan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengambilan data penelitian di paparkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil penelitian

Waktu pengambilan data	Variasi sudut lengkung blade	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
3 April 2017 Jam 12.00-15.00 WIB	125°	2,47	21	9,2	0,41
		3,42	42	19,7	0,62
		4,79	64	28,6	0,74
		5,26	73	34,3	0,79
		6,73	98	48,3	0,98
11 April 2017 Jam 12.00-17.00 WIB	130°	2,67	17	7,4	0,32
		3,52	39	18,9	0,59
		4,64	61	21,4	0,63
		5,69	81	38,7	0,81
		6,46	89	40,9	0,86
21 April 2017 Jam 12.00-17.00 WIB	135°	2,78	16	6,8	0,29
		3,26	36	15,7	0,51
		4,83	59	20,6	0,68
		5,62	79	35,9	0,79
		6,67	90	41,5	0,89

Analisa Perhitungan

Daya angin

$$P_w = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times U^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 2 \times 2,47^3$$

$$P_w = 18,459 \text{ watt}$$

Tip speed ratio

$$TSR = \frac{J \times D \times \omega R}{60 \times V_w}$$

$$TSR = \frac{3,14 \times 1 \times 39}{60 \times 3,52} = 0,58$$

Daya generator

$$P_g = V \times I$$

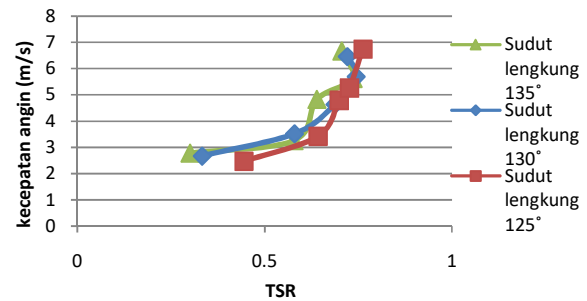
$$P_g = 19,7 \text{ volt} \times 0,62 \text{ ampere} = 12,21 \text{ watt}$$

Efisiensi

$$\eta = \frac{P_g}{P_w} \times 100 \%$$

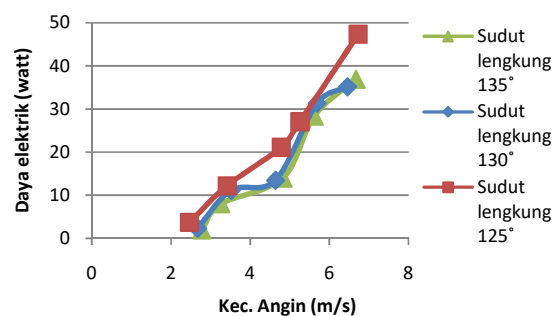
$$\eta = \frac{3,772 \text{ watt}}{18,459 \text{ watt}} \times 100 \% = 20 \%$$

Pembahasan



Gambar 3. Hubungan TSR dengan kecepatan angin

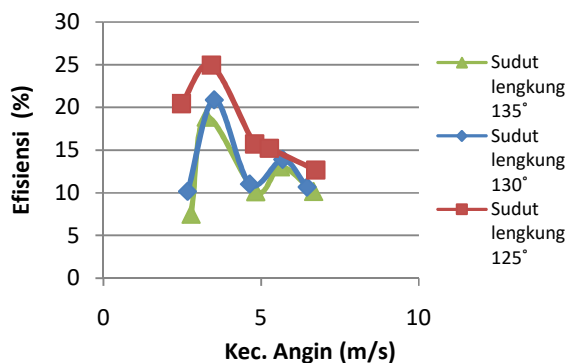
Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai perbandingan putaran turbin dengan kecepatan angin (TSR) tertinggi yang dicapai oleh turbin angin savonius Tipe S dua tingkat pada kondisi angin real dengan variasi sudut lengkung blade 125° sebesar 0,76 pada kecepatan angin 6,73 m/s. Variasi lengkung blade 130° mengalami penurunan menjadi 0,72 pada kecepatan angin 6,46 m/s. Variasi sudut lengkung blade 135° juga menurun menjadi 0,71 pada kecepatan angin 6,67 m/s. Turbin dengan variasi sudut lengkung blade 125° memiliki nilai TSR yang relatif stabil pada kecepatan anginnya karena gaya drag yang diterima lebih besar dari variasi lainnya.



Gambar 5. Hubungan kecepatan angin dengan daya elektrik generator

Berdasarkan grafik diatas, daya yang dihasilkan oleh generator berbanding lurus dengan kecepatan angin. Daya generator merupakan hasil perkalian antara tegangan dengan kuat arus. Jika kecepatan angin

semakin tinggi maka daya generator akan semakin besar. dapat kita lihat bahwa daya elektrik generator tertinggi yang dihasilkan generator tertinggi ditunjukkan oleh turbin savonius dengan variasi sudut kelengkungan 125° sebesar 47,33 watt dicapai pada kecepatan angin 6,73 m/s, variasi sudut kelengkungan 130° sebesar 35,17 watt pada kecepatan angin 6,46 m/s. Variasi 135° sebesar 36,94 watt pada kecepatan angin 6,67 m/s. Nilai daya elektrik yang dihasilkan generator dipengaruhi oleh kecepatan angin dan putaran poros turbin.



Gambar 6. Hubungan kecepatan angin dengan efisiensi turbin

Berdasarkan Grafik yang ditunjukkan diatas, efisiensi tertinggi turbin dihasilkan dengan variasi perubahan sudut lengkung 125° sebesar 24,92 % di capai pada kecepatan angin 3,42 m/s. Variasi sudut lengkung blade 130° sebesar 20,87 % dicapai pada kecepatan angin 3,52 m/s. Variasi sudut lengkung 135° sebesar 18,86 % dicapai pada kecepatan angin 3,26 m/s. Efisiensi yang dihasilkan turbin dipengaruhi oleh hasil perbandingan daya generator dengan daya turbin angin, daya generator tertinggi rata-rata dihasilkan oleh turbin dengan variasi sudut lengkung 125° karena gaya drag yang ditimbulkan pada permukaan lengkungan blade lebih besar sehingga putaran poros yang ditimbulkan juga semakin besar.

5. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Perubahan sudut lengkung blade berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh generator dimana daya terbaik di dapatkan pada sudut lengkung bilah 125° sebesar 47,33 watt pada kecepatan angin 6,73 m/s.
- Effisiensi tertinggi juga didapatkan pada sudut lengkung bilah 125° sebesar 24,92 % pada kecepatan angin 3,42 m/s .

Ucapan Terima kasih

Penulis ucapkan terima kasih kepada Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Surabaya yang telah mendukung secara finansial penelitian ini melalui skema hibah Bersaing dari dana desentralisasi BOPTN 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- PEU, 2006, Wind Energy Country Analyses Indonesia (Online) (https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_Country_Analyses_Indonesia diakses 13 agustus 2016).
- Anonim, 2013, **Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia**, <http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/3588--kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah-ubah.html>
- Tian HJ, Wang TL and Wang Y, 2006, Summarize of the development of the vertical axis wind turbine. Appl Energy Resource Technology; 11: 22–27.

4. Altan, B. D., Atılğan, M., 2010, The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors, *Renewable Energi* 35 (2010) 821–829.
5. Anonim, General Review, http://www.bi.go.id/en/publikasi/laporan-tahunan/perekonomian/Documents/General_Review.pdf, diakses 18 Juni 2016.
6. Akwa JV, Vielmo HA, and Petry AP, 2012, A review on the performance of Savonius wind turbines, *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, Vol. 16, No. 5, pp. 3054–3064.
7. Fitrandi, Robby Ilham., Siregar, Indra Herlamba., 2014, KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SAVONIUS 2 DAN 3 BILAH DENGAN MENGGUNAKAN BANTUAN GUIDE VANE, *Jurnal Teknik Mesin* Vol 2, No 02. 125-131.
8. Kamoji, M., Kedare, S., Prabhu, S., 2009, Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor, *Applied Energi* 86, 1064–1073.
9. Kamoji, M., Kedare, S., Prabhu, S., 2008, Experimental investigations on Two and Three stage modified Savonius rotor, *International Journal of Energy Research*, No.32, 877–895.
10. Jian, C., Chen, L., Nie, L., Xu, H., Mo, Y., 2016, Experimental study of two-stage Savonius rotors with different gap ratios and phase shift angles, *Journal of Renewable and Sustainable*, Vol.8, 063302-1-063302-16.
11. Kumburnuss, J., Chen, J., Yang, H., Lu, L., 2012, Investigation into the relationship of the overlap ratio and shift angle of double stage three bilahd vertikal axis wind turbine (VAWT), *Journal Wind Engineering and Industrial. Aerodynamics* 107–108 (2012) 57–75.
12. Irabu, K., Roy, J., 2007, Characteristics of wind power on Savonius rotor using a guide-box tunnel Experimental Thermal and Fluid Science 32 (2007) 580–586.
13. Pusdatin ESDM, 2011, *Indonesia Energi Outlook 2010 ey Indicator of Indonesia Energi and Mineral Resources.(Online)* (www.esdm.go.id/publikasi/statistik/doc_download/487-key-indicator-of-indonesia-energi-and-mineral-resources.html), diakses pada tanggal 30 Januari 2013).
14. Ronit K. Singh, M. Rafiuddin Ahmed, 2013, Bilah design and performance testing of a small wind turbine rotor for low wind speed applications Original Research Article *Renewable Energi, Volume 50, February 2013, Pages 812-819*.
15. Thomas R. Anderson, Ed Hawkins, and Philip D. Jones, 2016, CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models, *Endeavour Volume 40, Issue 3, Pages 178-187*.
16. WWEA, 2011, The World Wind Energi Report 2011. (Online) (<http://www.wwindea.org/webimages/WorldWindEnergiReport2011.pdf>), diakses pada tanggal 5 Februari 2013).
17. Yudha Pratomo, 2012, Indonesia Pun Bisa Memanen Energi Angin. (Online) (<http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/>), diakses 2 Februari 2013).
18. Burçin Deda Altan, Mehmet Atılğan, 2010, The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors, *Renewable Energi* 35: 821–829.
19. Dumitrescu, H., A. Dumitrache., C. L. Popescu , M. O. Popescu. , F. Frunzulică and A. Crăciunescu. 2014. “Wind Tunnel Experiments on Vertical-Axis Wind Turbines with Straight Bilahs” *Renewable Energi and Power Quality Journal*.

Deskripsi

TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DUA TINGKAT DENGAN BALING-BALING HIBRID DENGAN BERPENGARAH ANGIN

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan kombinasi baling-baling tipe S dan profil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah disertai pengarah angin, khususnya baling-baling NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut dipasang pada pemegang baling-baling pada sudut 15^0 .

Latar Belakang Invensi

Indonesia yang memiliki pantai sepanjang 80.791,42 km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga angin dengan kecepatan angin rata-rata dipesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/s hingga 5 m/s. Kemudian letak geografis Indonesia sebagai negara tropis menyebabkan karakteristik angin di Indonesia sangat berbeda dengan karakteristik angin di negara-negara maju yang telah memanfaatkan angin sebagai sumber energinya antara lain arah angin yang sering berubah-ubah, dimana kondisi ini menyebabkan kesinambungan produksi energi dari turbin angin sumbu horizontal terganggu karena rotor turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin.

Oleh karena kecepatan angin di Indonesia terkategori rendah maka juga diperlukan peralatan untuk mempercepat angin sehingga pada turbin angin sumbu vertikal ini juga menggunakan alat untuk pengarah angin yang berfungsi menambah kecepatan angin alami.

Teknologi sebelumnya menurut Kentaro takahashi et.al. (US 2004/0105754 A1) adalah turbin angin sumbu vertikal tingkat satu yang terdiri dari baling-baling dari airfoil yang bisa bergerak 90^0 dengan phase 120^0 .

Kemudian teknologi sebelumnya dari Hamid R. Rahai et.al. (US 7,393,177 B2) mengoptimasikan baling-baling tipe S dengan bentuk chamber yang optimal pada nilai rasio X/C 1/3.

Pada teknologi ini turbin angin sumbu vertikal dengan baling-baling baling-baling hibrid yang terdiri dari tipe S (Savonius) yang berkerja berdasarkan gaya drag memiliki keunggulan bekerja pada kecepatan angin rendah, namun memiliki torsi yang rendah oleh karena itu diperlukan kombinasi dengan turbin angin yang berkerja berdasarkan gaya lift yang memiliki torsi besar yang mampu meningkatkan kemampuan self rotation dari sebuah turbin sumbu vertikal dengan baling-baling tipe S (Savonius)mandiri.

Ringkasan Invensi

Sesuai invensi ini disediakan suatu turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan baling-baling hibrid dengan pengarah angin. Turbin angin sumbu vertikal sesuai invensi ini terdiri dari komponen poros, pemegang airfoil, airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah, baling-baling tipe-S dengan jumlah tingkat 2. Pada masing-masing tingkat terdiri dari 3 bilah airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut dan 2 bilah baling-baling tipe-S. Posisi pemegang bilah pada masing-masing tingkat dengan phase 90^0 .

25

Uraian Singkat Gambar

Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti invensi ini, selanjutnya akan diuraikan perwujudan invensi melalui gambar-gambar terlampir.

30

Gambar 1, adalah tampak atas dari baling-baling hibrid dengan pengarah angin.

Gambar 2, adalah gambar isometrik baling-baling hibrid tanpa pengarah angin.

35

Gambar 3, adalah gambar foto airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah dengan kaitan.

Uraian Lengkap Invensi

Sebagaimana telah dikemukakan pada latar belakang invensi bahwa *turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan baling-baling hibrid dengan pengarah angin* .

Mengacu pada Gambar 1, yang memperlihatkan suatu baling-baling yang terdiri dari tipe S (1) dan airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah (2) dengan pengarah angin seperti invensi yang diusulkan adalah untuk menurunkan kecepatan start awal dan meningkatkan kinerja dari turbin angin pada kecepatan angin yang sesuai dengan kecepatan angin di Indonesia yaitu 3 m/s sampai 5 m/s.

Penambahan pengarah angin (3) bertujuan untuk mengarahkan dan mempercepat aliran angin masuk menerpa baling-baling (1,2). Sehingga kinerja turbin angin dapat meningkat walaupun kecepatan angin yang nyata lebih rendah.

Invensi ini memiliki perbedaan yang sangat mencolok dibandingkan dengan turbin angin sumbu vertikal yang telah dipatenkan, yaitu pada kondisi bilah turbin angin yang dipasang dua tingkat dengan phase 60^0 antara tingkat satu dan dua serta keberadaan pengarah angin dengan jumlah 8 bilah.

Sebagaimana pula diungkapkan pada Gambar 2, yang menunjukkan gambar isometrik dari baling-baling hibrid turbin angin sumbu vertikal yang terdiri dari airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah (2) dan Baling-baling tipe S (1) sesuai dengan invensi ini. Baling-baling hibrid meliputi jumlah baling-baling (1,2), bentuk baling-baling (1,2) dan posisi/kedudukan baling-baling (1,2), dengan deskripsi sebagai berikut ;

(a) Jumlah baling-baling tipe S

Jumlah baling-baling tipe S pada masing-masing tingkat adalah 2 (dua) bilah, yang dipasang pada bagian poros turbin angin sumbu vertikal (5) dan memiliki phase 90^0

antar tingkat dengan luas 80% luasan kosong antara poros turbin angin sumbu vertikal (5) dengan baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah (2).

(b) Jumlah baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah

Jumlah baling-baling airfoil NACA 0018 pada masing-masing tingkat ada 3 (tiga) bilah, yang dipasang pada pemegang baling-baling (4) yang terinstal pada bagian poros (5).

(c) Bentuk baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut

Bentuk baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut seperti terurai pada gambar 3, merupakan modifikasi dari NACA 0018 dengan salah satu permukaannya terbuka dengan luasan 40% berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah.

(d) Bentuk baling-baling tipe S

rasio jari-jari kelengkungan dan panjang kelengkungan dari baling-baling tipe-S (1) bernilai 0,5.

(e) Posisi atau Kedudukan baling-baling

Posisi baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi (2) tersebut pada masing-masing tingkat membentuk sudut 15^0 relatif terhadap garis singgung pemegang baling-baling serta posisi poros kaitan baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi

tersebut terhadap panjang chord sebesar 38% dengan titik acuan leading edge airfoil.

Klaim

- 5 1. Suatu turbin angin sumbu vertikal dengan baling-baling hibrid berpengarah angin yang memiliki komponen sebagai berikut:
 - 10 a. Pengarah angin (3) yang ditempatkan di sisi luar baling-baling hibrid (1,2) berfungsi menaikkan kecepatan angin menerpa baling-baling;
 - 15 b. Airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi berbentuk seperti huruf J dengan penutup pada bagian atas dan bawah (2) yang ditempatkan pada sisi dalam dari pengarah angin (3) dan dipegang oleh pemegang baling-baling (4) yang terinstalasi di poros (5) berfungsi menaikkan torsi turbin angin; dan
 - 20 c. Baling-baling Tipe-S (1) ditempatkan pada sisi dalam dari Airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut yang terinstalasi di poros (5) berfungsi menggerakkan angin pada kecepatan angin rendah.
- 25 2. Suatu turbin angin sumbu vertikal seperti pada klaim 1 dimana rasio jari-jari kelengkungan dan panjang kelengkungan dari baling-baling Tipe-S (1) bernilai 0,5.
- 30 3. Suatu turbin angin sumbu vertikal seperti pada klaim 1 dimana airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut dipasang di pemegang baling-baling (4) dengan sudut 15° relatif terhadap garis singgung pemegang baling-baling.
4. Suatu turbin angin sumbu vertikal seperti pada klaim 1 dimana pengarah angin (3) memiliki sudu berjumlah 8.
- 35 5. Suatu turbin angin sumbu vertikal seperti pada klaim 1 dimana posisi dan kedudukan baling-baling antar tingkat pada turbin angin sumbu vertikal berphase 90° .

6. Suatu turbin angin sumbu vertikal seperti pada klaim 1 dimana posisi poros kaitan baling-baling airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut terhadap panjang chord sebesar 38% dengan titik acuan leading edge airfoil.

5

7. Suatu turbin angin sumbu vertikal seperti pada klaim 1 dimana Profil airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut terdiri memiliki luasan terbuka di salah satu sisinya kurang lebih 40 %.

10

Abstrak**TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DUA TINGKAT DENGAN BALING-BALING
HIBRID BERPENGARAH ANGIN**

5

Turbin angin sumbu vertikal dua tingkat dengan baling-baling hibrid berpengarah angin adalah turbin angin sumbu vertikal yang memiliki tingkat 2 (dua) dengan jumlah bilah Tipe-S 2.(dua)bilah, Jumlah bilah airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut 3 (tiga) bilah pertingkat serta memiliki pengarah angin. Posisi bilah airfoil NACA 0018 yang dimodifikasi tersebut dengan sudut phase 60^0 dan bilah tipe-S masing-masing tingkat dengan sudut phase 90^0 .

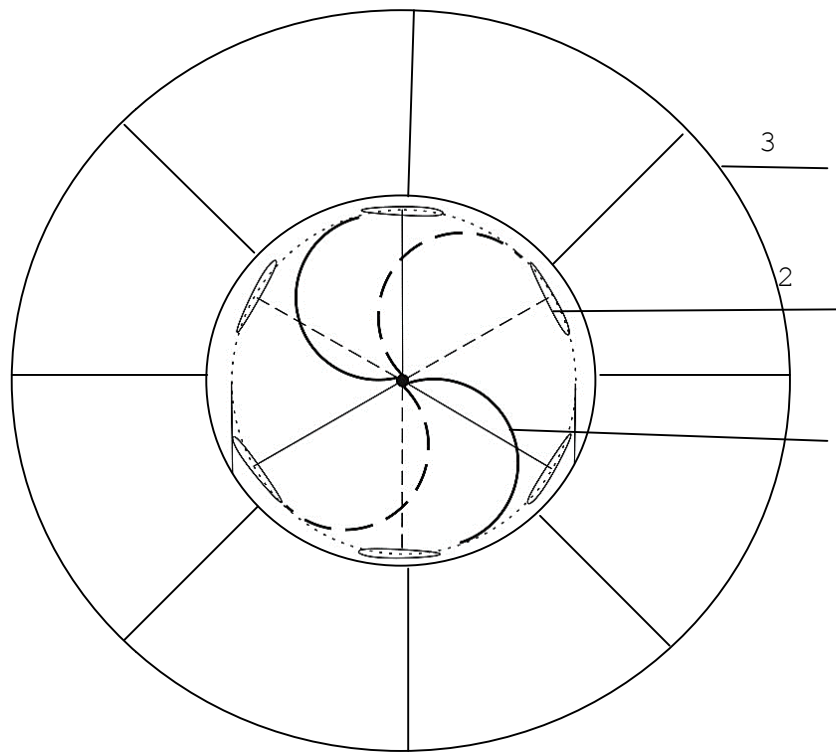
15

20

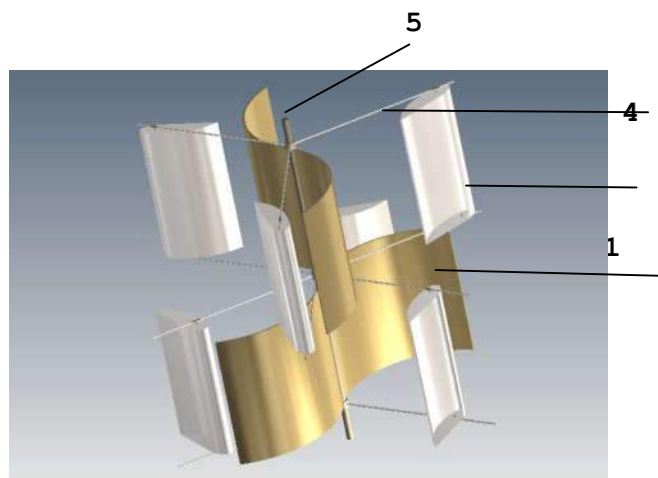
25

30

35



Gambar 1.



Gambar 2.



Gambar 3.



KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
Nomor 522/UN38/HK/LT/2017

tentang

PENETAPAN PENERIMA PENELITIAN DANA DIREKTORAT RISET PENGABDIAN MASYARAKAT DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN
PENGEMBANGAN KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI TAHUN ANGGARAN 2017
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TAHUN 2017

REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

- Menimbang : a. bahwa untuk Penetapan Penerima Penelitian Dana Direktorat Riset Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan perlu dilakukan penetapan;
b. bahwa berdasarkan pertimbangan tersebut pada butir a di atas maka dipandang perlu menerbitkan keputusan ini.
- Mengingat : 1. Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-Undang RI Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan;
4. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen;
6. Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2010 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan;
7. Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
8. Peraturan Presiden RI Nomor 87 Tahun 2014 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan;
9. Peraturan Presiden RI Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi;
10. Keputusan Presiden RI Nomor 93 Tahun 1999 tentang Perubahan IKIP menjadi Universitas Negeri Surabaya;
11. Peraturan Menteri Keuangan RI Nomor 92/PMK.05/2011 tentang Rencana Bisnis dan Anggaran Serta Pelaksanaan Anggaran Badan Layanan Umum;
12. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor 15 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Negeri Surabaya;
13. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 98 tahun 2016 tentang Pemberian Kuasa dan Delegasi Wewenang Pelaksanaan Kegiatan Administrasi Kepegawaian Kepada Pejabat Tertentu di Lingkungan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi;
14. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional RI Nomor 92/O/2001 tentang Statuta Universitas Negeri Surabaya;
15. Keputusan Menkeu RI Nomor 50/KMK.05/2009 tentang Penetapan Universitas Negeri Surabaya Pada Departemen Pendidikan Nasional sebagai Instansi Pemerintah yang menerapkan Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
16. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 164/MPK.A4/KP/2014 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Surabaya.
- Memperhatikan : 1. Surat Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Nomor: 025/E3/2017, tanggal 06 Januari 2017, tentang Penerima Pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat di Perguruan Tinggi Tahun 2017;
2. Surat Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Nomor 085/SP2H/LT/DRPM/IV/2017, tanggal 3 April 2017 tentang Perjanjian Pendanaan Antara Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat dengan Universitas Negeri Surabaya tentang Pelaksanaan Program Penelitian Tahun Anggaran 2017.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
KESATU : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TENTANG PENETAPAN PENERIMA PENELITIAN DANA DIREKTORAT RISET PENGABDIAN MASYARAKAT DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI TAHUN ANGGARAN 2017;
KEDUA : Menetapkan Penerima Penelitian Dana Direktorat Riset Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Tahun Anggaran 2017;
KETIGA : Dalam melaksanakan tugasnya sebagai Penerima Penelitian dana Direktorat Riset Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Tahun Anggaran 2017 Universitas Negeri Surabaya wajib berpedoman pada ketentuan yang berlaku, dan secara tertulis memberikan laporan kepada Rektor Universitas Negeri Surabaya;
KEEMPAT : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan ditinjau dan diubah sebagaimana mestinya apabila ternyata di kemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : Surabaya
Pada tanggal : 12 April 2017
Rektor,

ttd

Salinan disampaikan kepada Yth :

1. Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
2. Sekretaris Jenderal Kemristekdikti
3. Inspektur Jenderal Kemristekdikti
4. Dirjen Sumber Daya Iptek dan Dikti Kemristekdikti
5. Para Wakil Rektor Unesa
6. Para Dekan, Dir. Pascasarjana, Ketua Lembaga
7. Kepala Biro Selingkung Unesa

WARSONO
NIP 196005191985031002

Salinan sesuai dengan Keputusan yang asli.
Kepala Biro Umum dan Keuangan,



Drs. BUDIARMO, S.H., M.M.
NIP 196005131980101002

Lampiran : Keputusan Rektor Unesa

Nomor : 522/UN38/HK/LT/2017

**DAFTAR PENERIMA PENELITIAN DANA DIREKTORAT RISET PENGABDIAN MASYARAKAT DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
TAHUN ANGGARAN 2017**

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
1	FIK	Pendidikan Olahraga	Pengembangan Media Pengukuran Dan Media Pengembangan Keterampilan Guru PJOK Pendidikan Dasar Dan Menengah	Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi	Drs. Suroto, M.A., Ph.D. Dr. Anung Priambodo, S.Pd., M.Psi.T. Fifukha Dwi Khory, S.Pd., M.Pd. Vega Candra Dinata, S.Pd., M.Pd.	0007096506 0003077204 0025018201 0007078305	IV/a IV/a III/b III/b	S3 S3 S2 S2	L L P L	Rp 240.000.000	Rp 25.000.000	Unggulan Perguruan Tinggi Lanjutan
2	FT	PKK	Peningkatan Respons Imun Dan Status Gizi Balita Kurang Gizi Melalui Pemanfaatan Bahan Pangan Lokal Daun Kelor (Maringa Oleifera)	Ilmu Gizi	Dr. Rita Ismawati, S.Pd., M.Kes. Dr. Meda Wahini, M.Si.	0011076904 0022086101	IV/b IV/a	S3 S3	P P	Rp 215.000.000	Rp 10.000.000	Unggulan Perguruan Tinggi Pendamping 7 in 1 (IDB) Lanjutan
3	FT	Teknik Elektro	Pengembangan Pembelajaran Berorientasi Pada Mobile Learning Di Jurusan Teknik Elektro Unesa	Pendidikan Teknik Elektro	Prof. Dr. H. Munoto, M.Pd. Dr. Meini Sondang Sumbawati, M.Pd.	0007095207 0015056104	IV/e IV/a	S3 S3	L P	Rp 195.000.000	Rp 20.000.000	Unggulan Perguruan Tinggi Lanjutan
4	FT	Teknik Informatika	Menstimulasi Keterampilan Berfikir Komputasi Mahasiswa Kependidikan Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya	Pendidikan Teknik Informatika	Prof. Dr. Ekohariadi, M.Pd. Dr. Nanik Estidarsani, M.Pd. Ricky Eka Putra, S.Kom., M.Kom. Ibnu Febry Kurniawan, S.Kom., M.Sc.	0004046012 0013115506 0716018704 0018028801	IV/e III/d III/b III/b	S3 S3 S2 S2	L P L L	Rp 122.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
5	FT	PKK	Optimasi Dan Standarisasi Gelatin Asam-Basa Dari Material Hewani Sebagai Upaya Penyediaan Material Pangan Tersertifikasi Halal	Teknologi Pangan dan Gizi	li. Asrul Bahar, M.Pd. Dr. Agus Budi Santosa, M.Pd. Mirwa Adiprahara Anggarani, S.Si., M.Si.	0007086006 0022085805 0021048603	IV/a IV/a III/b	S2 S3 S2	L L P	Rp 112.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
6	FMIPA	Matematika	Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Aljabar Abstrak Dan Aljabar Graf Berbasis Eksperimen Dan Teknologi Untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa	Pendidikan Matematika	Prof. Dr. Dwi Juniati, M.Si. Prof. Drs. I Ketut Budayasa, Ph.D.	0015066704 0004125703	IV/d IV/e	S3 S3	P L	Rp 175.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
7	FMIPA	Kimia	Pemanfaatan Yeast Hydrolysate Enzymatic (YHE) Yang Diproduksi Dalam Berbagai Media Pertumbuhan Sebagai Obat Diabetes Millitus (DM) Tipe 2 Dengan Mengkaji Kandungan Chromium (III)	Biologi (dan Bioteknologi Umum)	Prof. Dr. Hj. Rudiana Agustini, M.Pd. Dr. I Gusti Made Sanjaya, M.Si.	0010086008 0004126505	IV/d IV/a	S3 S3	P L	Rp 100.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
8	FISH	Pendidikan Geografi	Pengembangan Model Kebijakan Peningkatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Untuk Penguatan Kreativitas Dan Inovasi Dalam Membangun Pencitraan Universitas Negeri Surabaya Menuju Perguruan Tinggi Unggul Dan Berdaya Saing	Pendidikan Geografi	Dr. H. Ketut Prasetyo, M.S. Dr. Totok Suyanto, M.Pd.	0012056012 0004046307	IV/a IV/b	S3 S3	L L	Rp 152.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
9	FIK	Pendidikan Kepelatihan Olahraga	Pemanfaatan Senyawa Bioaktif Pisang Melalui Pengembangan Proses Mikroenkapsulasi Metode Foam Mat Drying Untuk Regulasi Emosi Dan Recovery Atlet	Ilmu Gizi	Dr. Nining Widyah Kusnanik, S.Pd., M.Appl.Sc. Dr. Pudjijunarto, M.Pd. Anna Noordia, S.TP., M.Kes. dr. Elfia Rosyida, M.Kes.	0005126906 0010066704 0001117608 0009107812	IV/c IV/a III/b III/b	S3 S3 S2 S2	P L P P	Rp 100.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	GoI.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
10	FT	PKK	Implementasi Model Pembelajaran Inovatif Untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kreatif Pada Pendidikan Vokasi	Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (Tataboga, Busana, Rias Dll)	Prof. Dr. Hj. Luthiyah Nurlaela, M.Pd. Dr. Suparji, S.Pd., M.Pd.	0018106603 0002066907	IV/d IV/b	S3 S3	P L	Rp 102.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
11	FT	Teknik Mesin	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Teknik Merancang Terintegrasi Dengan Elemen Mesin Dan Menggambar Mesin Berbasis Pembelajaran Kontekstual	Pendidikan Teknik Mesin	Drs. Djoko Suwito, M.Pd. Drs. Yunus, M.Pd. Wahyu Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.	0005036509 0023046502 0715128303	IV/c IV/b III/b	S2 S2 S2	L L L	Rp 125.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
12	FMIPA	Biologi	Pengembangan Perangkat Perkuliahan Biologi Berorientasi Strategi Metakognitif Untuk Melatih Strategi Belajar Metakognitif	Pendidikan Biologi	Prof. Dr. Endang Susantini, M.Pd. Dr. Sifak Indana, M.Pd. Dra. Isnawati, M.Si.	0013076605 0018086802 0022116702	IV/d III/d IV/a	S3 S3 S2	P P P	Rp 112.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
13	FBS	Bahasa dan Sastra Indonesia	Kosakata-Baca Dan Kosakata-Tulis Siswa Sekolah Menengah Pertama	Pendidikan Bahasa (dan Sastra) Indonesia	Prof. Dr. Kisyani, M.Hum. Dr. Mintowati, M.Pd. Mukhzamilah, S.S., S.Pd., M.Ed., Ph.D. Fafi Inayatillah, S.Pd., M.Pd.	0025106205 0023036106 0008068006 0016058205	IV/e IV/a III/a III/b	S3 S3 S2 S2	P P P P	Rp 100.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
14	FT	Teknik Elektro	Pengembangan Model Pembelajaran Instalasi Dan Mobil Listrik Berbasis Laboratorium Menuju Penjaminan Kualitas Dan Daya Saing Lulusan Dalam Rangka Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean (MEA)	Teknik Elektro	Drs. Tri Wrahatnolo, M.Pd., M.T. Prof. Dr. H. Supari, M.Pd.	0027016204 0010115103	IV/c IV/e	S2 S3	L L	Rp 137.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
15	FT	Teknik Informatika	Pengembangan Tata Kelola Keamanan Informasi Menggunakan Indeks Keamanan Informasi (KAMI) Untuk Meningkatkan Keamanan Informasi Pada Pusat Pengembangan Teknologi Informasi (PPTI) Universitas Negeri Surabaya	Teknologi Informasi	Wiyli Yustanti, S.Si., M.Kom. Anita Qoiriah, S.Kom., M.Kom. Agus Prihanto, S.T., M.Kom. Rahadian Bisma, S.Kom., M.Kom.	0003027708 0025016903 0006087903 0009028702	IV/a IV/a III/c III/b	S2 S2 S2 S2	P P L L	Rp 112.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
16	FMIPA	Fisika	Pengembangan Model Uji Kompetensi Lulusan Kependidikan MIPA Berorientasi Kebutuhan Abad XXI Dan KKNl	ILMU IPA	Dr. Wasis, M.Si. Dr. Raden Sulaiman, M.Si. Dr. Elok Sudibyo, M.Pd. Bertha Yonata, S.Pd., M.Pd.	0003126707 0026036701 0004077004 0022068201	IV/c IV/a IV/a III/c	S3 S3 S3 S2	L L L P	Rp 125.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
17	FT	PKK	Pengembangan Bahan Ajar Manajemen Catering Dengan Pendekatan Saintifik Untuk Menyelaraskan Kemampuan Mahasiswa Dengan Kebutuhan Pengguna	Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (Tataboga, Busana, Rias Dll)	Dra. Any Sutiadiningsih, M.Si. Dra. Niken Purwidiani, M.Pd. Dr. Yuniseffendri, S.Pd., M.Pd.	0024045904 0021046405 0027107103	IV/c IV/b III/c	S2 S2 S3	P P L	Rp 102.500.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
18	FMIPA	Kimia	Efektivitas Multimedia Interaktif (MMI) Dan Kit Dengan Strategi Writing-To-Learn (WTL) Dalam Pembelajaran IPA Untuk Siswa Tunarungu	Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (Sains)	Prof. Dr. Hj. Sri Poedjiastoeti, M.Si. Dr. Bambang Sugiarto, M.Pd. Dian Novita, S.T., M.Pd. Drs. Sukarmin, M.Pd.	0025114703 0006055208 0019117409 0009116704	IV/d IV/c III/c IV/a	S3 S3 S2 S2	P L P L	Rp 125.000.000	Rp -	Unggulan Perguruan Tinggi
19	FBS	Seni Drama, Tari, dan Musik	Pengembangan Bahan Ajar Seni Budaya Tematik Berbasis KemiPaan (Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Di SD Kurikulum 2013)	Pendidikan Seni Drama, Tari dan Musik	Dr. Hj. Warih Handayaniingrum, M.Pd. Dr. Drs. I Nyoman Lodra, M.Si. Dra. Susanah, M.Pd.	0026096002 0001105906 0011126606	IV/c IV/b IV/a	S3 S3 S2	P L P	Rp 223.000.000	Rp 25.000.000	Unggulan Perguruan Tinggi Pendamping 7 in 1 (IDB) Lanjutan
20	FIP	PGSD	Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Pendidikan Bahasa Indonesia Di Kelas Awal SD Terintegrasi IPA-IPS Berbasis Pendekatan Saintifik Untuk Mengoptimalkan Kompetensi Mahasiswa Jurusan PGSD	Pgsd	Prof. Dr. Wahyu Sukartiningsih, M.Pd. Dr. Waspodo Tjipto Subroto, M.Pd. Drs. MintoHari, M.Pd.	0018016801 0018115803 0014076804	IV/d IV/c III/d	S3 S3 S2	P L L	Rp 250.000.000	Rp 25.000.000	Unggulan Perguruan Tinggi Pendamping 7 in 1 (IDB) Lanjutan
21	FMIPA	Kimia	Optimalisasi Rekayasa Membran Ultrafiltrasi Berkinerja Tinggi Dengan Teknik Inversi Fasa/Imersi-Presepitasi Dan Blending Menggunakan Polivinylidene Fluoride, Polisulfon Dan Polietirimida Sebagai Teknologi Multifungsi Unggulan	Kimia	Dr. Pirim Setiarso, M.Si. Dr. Asri Wijastuti, M.Pd.	0027086003 0013106103	III/d IV/b	S3 S3	L P	Rp 355.000.000	Rp 25.000.000	Unggulan Perguruan Tinggi Pendamping 7 in 1 (IDB) Lanjutan

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
22	FIP	Pendidikan Luar Biasa	Pengembangan Maket Multimedia Interaktif Berbasis Orientasi Dan Mobilitas Untuk Menanamkan penguasaan Konsep Lingkungan Sekolah Pada Siswa Tunanetra SLB	Pendidikan Luar Biasa	Dr. Hj. Sri Joeda Andajani, M.Kes. Dr. Endang Pudjiastuti Sartinah, M.Pd. Dr. Idris Ahmad, M.Pd.	0009046309 0030105905 0004035306	IV/c IV/a IV/b	S3 S3 S3	P P L	Rp 93.000.000	Rp 15.000.000	Tim Pasca Sarjana Lanjutan
23	FIP	Pendidikan Luar Biasa	Pengembangan Manajemen Pendidikan Inklusi Pada Sekolah Dasar Di Jawa Timur	Administrasi Pendidikan (Manajemen Pendidikan)	Prof. Dr. H. Murtadlo, M.Pd. Dr. Soedjarwo, M.S. Dr. Sulasminten, M.Pd.	0023115601 0009035906 0029095204	IV/e IV/a IV/a	S3 S3 S3	L L P	Rp 155.000.000	Rp -	Tim Pasca Sarjana
24	FE	Pendidikan Ekonomi	Dampak Desentralisasi Fiskal Terhadap Ketimpangan Pendapatan Dan Ketimpangan Pendidikan Melalui Pertumbuhan Ekonomi Di Provinsi Jawa Timur	Ekonomi Pembangunan	Prof. Dr. H. Ady Soejoto, S.E., M.Si. Dhiah Fitriyati, S.Pd., M.E. Muhammad Abdul Ghofur, S.E., M.Pd.	0030124901 0007118201 0012017905	IV/e III/c III/b	S3 S2 S2	L P L	Rp 100.000.000	Rp -	Fundamental Lanjutan
25	FMIPA	Kimia	Ilmu Kimia Dan Hubungan Struktur-Bioaktivitas Antioksidan Senyawa-Senyawa Pada Tumbuhan Gowok (Syzygium Polycephalum) (Myrtaceae)	Kimia	Prof. Dr. Tukiran, M.Si. Dra. Nurul Hidayati, M.Si.	0028126604 0010045503	IV/b IV/c	S3 S2	L P	Rp 98.000.000	Rp -	Fundamental Lanjutan
26	FBS	Bahasa dan Sastra Indonesia	Pelibatan Representasi Antara Pada Bentuk Elisi "Cara Walikan" Kajian Linguistik Transformasional	Ilmu Linguistik	Prof. Dr. H. Bambang Yulianto, M.Pd. Prima Vidya Asteria, S.Pd., M.Pd.	0005076009 0009108901	IV/e III/b	S3 S2	L P	Rp 67.500.000	Rp -	Fundamental
27	FBS	Bahasa dan Sastra Indonesia	Representasi Keindahan Dan Kerusakan Lingkungan Dalam Prosa Indonesia 2011-2016: Kajian Ekokritik	Humaniora	Dr. Ririe Rengganis, S.S., M.Hum. Rahmi Rahmayati, S.Pd., M.Pd.	0015077812 0005018007	III/b III/b	S3 S2	P P	Rp 65.000.000	Rp -	Fundamental
28	FMIPA	Kimia	Mempelajari Hubungan Struktur-Aktivitas Imunostimulan Senyawa Metabolit Sekunder Dari Tumbuhan Paku Perak (Pityrogramma Calomelanos)	Kimia	Prof. Dr. Suyatno, M.Si. Mitarlis, S.Pd., M.Si. Drs. Ismono, M.S.	0020076504 0004027004 0016016005	IV/d IV/b IV/c	S3 S2 S2	L P L	Rp 55.000.000	Rp -	Fundamental
29	FT	Teknik Mesin	Pengembangan Prototipe Turbin Angin Sumbu Vertikal Bilah Hibrid Kecepatan Angin Rendah Skala Rumah Tangga Berbasis Kinerja Model Di Terowongan Angin	Teknik Energi	Indra Herlamba Siregar, S.T., M.T. Wahyu Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.	0007097103 0715128303	III/c III/b	S2 S2	L L	Rp 70.000.000	Rp 15.000.000	Produk Terapan Lanjutan
30	FMIPA	Biologi	Identifikasi Dan Karakterisasi Mikrobia Pada Pakan Fermentasi Berbahan Baku Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Sebagai Langkah Awal Percepatan Produksi Pakan Fermentasi Untuk Produksi Daging Kambing Rendah Lemak	Biologi (dan Bioteknologi Umum)	Dra. Isnawati, M.Si. Guntur Trimulyono, S.Si., M.Sc.	0022116702 0009048004	IV/a III/c	S2 S2	P L	Rp 70.000.000	Rp 15.000.000	Produk Terapan Lanjutan
31	FIK	Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi	Pengembangan Low Impact Aerobic Dan Yoga Bagi Wanita	Ilmu Keolahragaan	Roy Januardi Irawan, S.Or., M.Kes. Dr. Noortje Anita Kumaat, M.Kes. Dita Yulastrid, S.Si., M.Kes.	0009018104 0020086810 0025077405	III/c IV/a III/c	S2 S3 S2	L P P	Rp 58.500.000	Rp -	Produk Terapan
32	FT	Teknik Informatika	Rancang Bangun Automatic Programming Assessment Tool Untuk Praktikum Pemrograman Dasar	Teknik Informatika	Rina Harimurti, S.Pd., M.T. Andi Iwan Nurhidayat, S.Kom., M.T. Asmunin, S.Kom., M.Kom.	0017126805 0027107802 0010017709	III/d III/b III/a	S2 S2 S2	P L L	Rp 54.000.000	Rp -	Produk Terapan
33	FIK	Pendidikan Kepelatihan Olahraga	Pengembangan Kurikulum Senam Artistik	Pendidikan Kepelatihan Olahraga	Dr. Nurkholis, M.Pd. Dra. Ika Jayadi, M.Kes. Tutur Jatmiko, S.Pd., M.Kes.	0010096806 0020056604 0003028103	IV/b IV/a III/d	S3 S2 S2	L P L	Rp 57.500.000	Rp -	Produk Terapan
34	FT	Teknik Sipil	Model Transportasi Antarmoda Untuk Percepatan Distribusi Produk Makanan Minuman Di Wilayah Prioritas Investasi Provinsi Jawa Timur	Transportasi	Drs. H. Soeparno, M.T. Hendra Wahyu Cahyaka, S.T., M.T.	0001116506 0004036708	IV/a III/c	S2 S2	L P	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan
35	FE	Manajemen	Model Pemberdayaan Desa Pesisir Untuk Ketangguhan Ekonomi Masyarakat Nelayan Di Kabupaten Pasuruan	Manajemen	Dwiarko Nugrohoseno, S.Psi., M.M. Wiwin Yulianingsih, S.Pd., M.Pd.	0009046806 0027077909	III/d III/c	S2 S2	L P	Rp 65.000.000	Rp -	Produk Terapan

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
36	FISH	PMPKn	Pengembangan Bahan Ajar Pendidikan Anti-Korupsi (PAK) Berbasis Karakter Lokal Pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) Untuk Membangun Budaya Anti Korupsi Bagi Generasi Muda Di Surabaya	Bidang Sosial Lain Yang Belum Tercantumkan	Drs. I Made Suwanda, M.Si. Listyaningsih, S.Pd., M.Pd.	0009075708 0020027505	IV/a III/c	S2 S2	L P	Rp 75.000.000	Rp -	Produk Terapan
37	FISH	Pendidikan Sejarah	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) Berbasis Nilai Didaktis Moral Dan Patriotisme Hikayat Hang Tuah Untuk Membangun Jiwa Nasionalisme Bagi Siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP) Di Surabaya	Sejarah (Ilmu Sejarah)	Drs. Yohanes Hanan Pamungkas, M.A. Drs. Agus Trilaksana, M.Hum.	0001016057 0024126703	III/d IV/a	S2 S2	L L	Rp 64.500.000	Rp -	Produk Terapan
38	FT	Teknik Elektro	Inovasi Modul Ajar Online Plus Kit Teknik Digital Berbantuan Software Proteus Melalui Pendekatan Hybrid Learning Untuk Meningkatkan Kecakapan Peserta Didik	Teknik Elektro	Nur Kholis, S.T., M.T. Muhamad Syariffuddin Zuhrie, S.Pd., M.T. Reza Rahmadian, S.ST., M.EngSc.	0021057204 0025067709 0016038401	III/d III/c III/b	S2 S2 S2	L L L	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
39	FMIPA	Fisika	Superkapasitor Dengan Elektroda Berbasis Bahan Alam	Fisika	Lydia Rohmawati, S.Si., M.Si. Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.	0010058402 0002047103	III/c III/d	S2 S2	P P	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan
40	FT	Teknik Elektro	Rancang Bangun Perangkat Pembelajaran Teknik Pengaturan Dengan Software Matrix Laboratory Melalui Pendekatan Inquiry Based Learning Berorientasi Pada Kebutuhan Industri	Teknik Kendali (Atau Instrumentasi dan Kontrol)	Subuh Isnur Haryudo, S.T., M.T. Ir. Achmad Imam Agung, M.Pd. Rifqi Firmansyah, S.T., M.T.	0020087506 0018066802 0704038901	III/d III/d III/b	S2 S2 S2	L L L	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
41	FMIPA	Fisika	Pemanfaatan Pasir Gunung Kelud Sebagai Pasir Cetak Pada Proses Pengecoran Logam Untuk Meningkatkan Kualitas Hasil Pengecoran Di Home Industri	Teknik Material (Ilmu Bahan)	Dzulkifli, S.Si., M.T. Mochamad Arif Irfai, S.Pd., M.T. Diah Wulandari, S.T., M.T.	0019047904 0007028102 0005037804	III/c III/b III/c	S2 S2 S2	L L P	Rp 67.500.000	Rp -	Produk Terapan
42	FT	Teknik Informatika	Rancang Bangun Measurement Tool Cobit 5 Untuk Pengembangan Tata Kelola E-Learning (Vi-Learn) Unesa	Teknologi Informasi	Drs. Bambang Sujatmiko, M.T. Dwi Patrianto Suyatno, S.Kom., M.Kom. I Made Suartana, S.Kom., M.Kom.	0019056503 0020127904 0024118405	III/c III/b III/b	S2 S2 S2	L L L	Rp 58.000.000	Rp -	Produk Terapan
43	FBS	Bahasa dan Sastra Inggris	Pengembangan Pembelajaran Bahasa Inggris Dengan Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Dan Berpikir Kreatif Siswa SMK	Sastra (dan Bahasa) Inggris	Arik Susanti, S.Pd., M.Pd. Anis Trisusana, S.S., M.Pd.	0005027803 0018018304	III/c III/b	S2 S2	P P	Rp 50.000.000	Rp -	Produk Terapan
44	FMIPA	Kimia	Mini Laboratorium IPAL Sebagai Prototipe Pada Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Sebagai Upaya Pada Pelestarian Lingkungan	Kimia	Dr. Nuniek Herdyastuti, M.Si. Prof. Dr. Sari Edi Cahyaningrum, M.Si. Rusmini, S.Pd., M.Si.	0010117004 0029127002 0012067905	IV/b IV/b IV/a	S3 S3 S2	P P P	Rp 62.500.000	Rp -	Produk Terapan
45	FIK	Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi	Pengembangan Ikan Teri (Stolephorus Sp.) Sebagai Functional Food Tinggi Kalsium Untuk Atlet Wanita Dengan Sindrom Female Athlete Triad (FAT)	Ilmu Gizi	Ratna Candra Dewi, S.KM., M.Kes. Anna Noordia, S.TP., M.Kes. Dr. Soni Sulistyarto, M.Kes.	0018117801 0001117608 0021117802	III/c III/b III/d	S2 S2 S3	P P L	Rp 62.500.000	Rp -	Produk Terapan
46	FT	Teknik Mesin	Rancang Bangun Knalpot Mesin Diesel Berteknologi Diesel Particulate Trap (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas Gas Buang Dalam Mendukung Program Langit Biru	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)	Drs. I Made Muliatna, M.Kes. Diastian Vinaya Wijanarko, S.T., M.T.	0004065502 0712078801	IV/b III/b	S2 S2	L L	Rp 61.250.000	Rp -	Produk Terapan
47	FT	Teknik Elektro	Deteksi Kerusakan Dan Perbaikan Dokumen Digital Menggunakan Metode Fragile Watermarking	Teknik Elektro	Lusia Rakhmawati, S.T., M.T. Naim Rochmawati, S.Kom., M.T.	0012108004 0003127502	III/d III/a	S2 S2	P P	Rp 57.500.000	Rp -	Produk Terapan
48	FE	Ilmu Ekonomi	Model Pemberdayaan Industri Kecil Menengah (IKM) Produk Pangan Melalui Sertifikasi Halal Di Jawa Timur	Ekonomi Syariah	Dr. H. Moch. Khoirul Anwar, S.Ag., MEI. A'asy Fahrullah, S.Sos., M.Si. Ahmad Ajib Ridwan, S.Pd., M.SEI.	0018097608 0004108109 0018078504	III/d III/b III/b	S3 S2 S2	L L L	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
49	FMIPA	Kimia	Desain Model Laboratorium Virtual Kimia Anorganik Berbasis Blended Learning Untuk Meningkatkan Literasi Kimia	Pendidikan Kimia	Kusumawati Dwiningsih, S.Pd., M.Pd. Drs. Sukarmin, M.Pd. Muchlis, S.Pd., M.Pd.	0018047604 0009116704 0015097203	III/d IV/a IV/a	S2 S2 S2	P L L	Rp 55.000.000	Rp -	Produk Terapan
50	FT	PKK	Optimalisasi Pemanfaatan Ekstrak Umbi Rumput Teki (Cyperus Rotundus L) Sebagai Bahan Perawatan Flek Pada Kulit Wajah	Bidang Kesehatan Umum Lain Yang Belum Tercantum	Sri Dwiyanti, S.Pd., M.PSDM. Dra. Hj. Siti Sulandjari, M.Si.	0006027901 0031035903	III/c IV/b	S2 S2	P P	Rp 67.500.000	Rp -	Produk Terapan
51	FT	Teknik Elektro	Pengembangan Aplikasi Motion Sensing Dengan Wireless Body Area Network Berbasis Android SMArtwatch	Teknik Telekomunikasi	Eppy Yundra, S.Pd., M.T., Ph.D. Pradini Puspitaningayu, S.T., M.T. Arif Widodo, S.T., M.Sc.	0019097602 0029068803 0014098702	III/c III/b III/b	S3 S2 S2	L P L	Rp 65.000.000	Rp -	Produk Terapan
52	FE	Akuntansi	Model Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Keuangan Dana Desa Berdasarkan PMK.07 Tahun 2016	ILMU EKONOMI	Susi Handayani, S.E., Ak., M.Ak. Ni Nyoman Ajit Triani, S.E., M.Ak.	0016097602 0020058010	III/d III/c	S2 S2	P P	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan
53	FE	Manajemen	Persediaan Bahan Baku Berbasis Teknologi Informasi Dalam Upaya Meningkatkan Kinerja UKM Di Jawa Timur	Manajemen	Widyastuti, S.Si., M.Si. Nadia Asandimitra Haryono, S.E., M.M. Yessy Artanti, S.E., M.Si.	0020127509 0011127303 0003017804	IV/a IV/a III/d	S2 S2 S2	P P P	Rp 51.500.000	Rp -	Produk Terapan
54	FIK	Pendidikan Olahraga	Aplikasi Penggunaan Program Android Untuk Monitoring Prediksi Kebugaran Atlet Dengan Model Diskriminan	Ilmu Olah Raga	Prof. Dr. Nurhasan, M.Kes. Bayu Agung Pramono, S.Pd., M.Kes. Hijrin Fithroni, S.Or., M.Pd.	0029046301 0030038802 0725088703	IV/e III/b III/b	S3 S2 S2	L L L	Rp 72.500.000	Rp -	Produk Terapan
55	FT	PKK	Pengaruh Jumlah Gula Dan Konsentrasi Larutan Asam Jawa Terhadap Sifat Organoleptik Sambal Goreng Kering Sebagai Kondimen Nasi Uduk Instan	ILMU PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN	Dra. Dwi Kristiastuti Suwardiah, M.Pd. Ir. Asrul Bahar, M.Pd.	0025125704 0007086006	IV/b IV/a	S2 S2	P L	Rp 67.500.000	Rp -	Produk Terapan
56	FT	PKK	Eksplorasi Dan Optimasi Fermentasi Ragi Buah Cair Dan Bubuk Sebagai Bahan Pengembang Alami Alternatif Pada Produksi Roti Manis Yang Sehat	Biologi (dan Bioteknologi Umum)	Dra. Lucia Tri Pangesthi, M.Pd. Lilis Sulandari, S.Pt., M.P.	0028096702 0020027407	IV/a IV/a	S2 S2	P P	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan
57	FT	Teknik Mesin	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Berbasis Solar Cell Tio2, Plt-Biogas Dan Fuel Cell Dengan Pemanfaatan Bahan Baku Lokal Untuk Menciptakan Kemadiriian Energi Listrik Di Daerah Pedesaan/Terpencil	Teknik Energi	Aris Ansori, S.Pd., M.T. Beni Setiawan, S.Pd., M.Pd. Bellina Yunitasari, S.Si., M.Si.	0030037800 0017048105 0024068703	III/c III/d III/b	S2 S2 S2	L L P	Rp 62.500.000	Rp -	Produk Terapan
58	FT	PKK	Kontestasi Identitas Fashion Dan Modernitas Kota Surabaya	Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (Tataboga, Busana, Rias Dll)	Dra. Anneke Endang Karyaningrum, M.Pd. Octaverina Kecvira Pritasari, S.Pd., M.Farm.	0025055404 0002088004	IV/b III/b	S2 S2	P P	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
59	FMIPA	Biologi	Efektivitas Pakan "Fermage" Hasil Fermentasi Berbahan Eceng Gondok, Ampas Tahu Dan Kangkung Dalam Memicu Pertumbuhan Kambing Usia Pertumbuhan Dan Produktivitas Kambing Usia Reproduksi	Biologi (dan Bioteknologi Umum)	Dra. Evie Ratnasari, M.Si. Dra. Herlina Fitrihidajati, M.Si.	0008096009 0026026302	IV/b IV/b	S2 S2	P P	Rp 75.000.000	Rp -	Produk Terapan
60	FT	PKK	Pemetaan Hantaran Pengantin Di Jawa Timur Sebagai Wujud Pelestarian Ragam Budaya Nusantara	Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (Tataboga, Busana, Rias Dll)	Dra. Arita Puspitorini, M.Pd. Dra. Rahayu Dewi Soeyono, M.Si. Dr. Mutimmatul Faidah, S.Ag., M.Ag.	0016085903 0024116304 0017057411	IV/a III/c III/d	S2 S2 S3	P P P	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
61	FT	Teknik Mesin	Rancang Bangun Alat Pelapisan Logam Sistem Portable	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)	Arya Mahendra Sakti, S.T., M.T. Dyah Riandadari, S.T., M.T. Aditya Prapanca, S.T., M.Kom.	0009027903 0027037803 0001117406	IV/a III/d IV/a	S2 S2 S2	L P L	Rp 55.000.000	Rp -	Produk Terapan
62	FIK	Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi	Implementasi Alat Latihan Shadow Berbasis Microcontroller Dalam Meningkatkan Kelincahan Atlet Bulutangkis	Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi	Dr. Pudjijuniarto, M.Pd. Dr. Purbodjati, M.S. Agung Prijo Budijono, S.T., M.T. Nur Ahmad Arief, S.Pd., M.Pd.	0010066704 0008095807 0020096903 0019118801	IV/a IV/a IV/a III/b	S3 S3 S2 S2	L L L L	Rp 67.500.000	Rp -	Produk Terapan

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
63	FBS	Bahasa dan Sastra Mandarin	Pengembangan Creative Writing Berbasis Integrative Writing Models Berbantuan Myers-Briggs Type Indicators (Mbt) Untuk Menunjang Literacy Competen Dan Mendukung Millenium Development Goals(MDGs)	Pendidikan Bahasa (dan Sastra) Indonesia	Prof. Dr. Darni, M.Hum. Dr. Muriyanto, M.Hum.	0026096502 0010025505	IV/c IV/b	S3 S3	P L	Rp 52.500.000	Rp -	Produk Terapan
64	FBS	Bahasa dan Sastra Indonesia	Pengembangan Buku Cerita Anak Berbasis Ecologycal Knowledge Untuk Menunjang Kecintaan Anak Bangsa Pada Pelestarian Lingkungan	Pendidikan Bahasa (dan Sastra) Indonesia	Drs. Parmin, M.Hum. Dr. Suhartono, M.Pd.	0007106703 0010027104	III/d IV/a	S2 S3	P L	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
65	FT	Teknik Elektro	Pengembangan Trainer Motor Servo Untuk Mata Kuliah Sistem Pengaturan Di Laboratorium Sistem Kendali Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya	Teknik Elektro	Endryansyah, S.T., M.T. Puput Wianarti Ruslinamto, S.T., M.T.	0031036406 0022067003	III/d IV/a	S2 S2	L P	Rp 57.500.000	Rp -	Produk Terapan
66	FT	PKK	Inovasi Jilbab Moderen Untuk Mendukung UKM Jilbab Gresik	Desain Produk	Irma Russanti, S.Pd., M.Ds. Dra. Yulistiana, M.PSDM.	0022017501 0011076107	IV/b IV/a	S2 S2	P P	Rp 57.500.000	Rp -	Produk Terapan
67	FIP	Manajemen Pendidikan	Model Supervisi Pendidikan Karakter Berpendekatan Lesson Study Di Sekolah Dasar Se Jawa Timur	Administrasi Pendidikan (Manajemen Pendidikan)	Dr. Erny Roesminingsih, M.Si. Prof. Dr. H. Murtadlo, M.Pd. Mohammad Syahidul Haq, S.Pd., M.Pd.	0015106804 0023115601 0009048801	IV/a IV/e III/b	S3 S3 S2	P L L	Rp 67.500.000	Rp -	Produk Terapan
68	FE	Pendidikan Ekonomi	Upaya Percepatan Ketahanan Pangan Melalui Pengolahan Dan Pemanfaatan Tepung Terong Di Kabupaten Sidoarjo	Manajemen	Prof. Dr. H. Bambang Suratman, M.Pd. Siti Sri Wulandari, S.Pd., M.Pd. Triesninda Pahlevi, S.Pd., M.Pd.	0012125004 0029048004 0010118603	IV/e III/b III/b	S3 S2 S2	L P P	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan
69	FMIPA	Fisika	Fabrikasi Core-Shell Fe3o4@Sio2 Nanopartikel Dan Aplikasinya Sebagai Filter Air	Fisika	Dr. Munasir, S.Si., M.Si. Dr. Zainul Arifin Imam Supardi, M.Si.	0017116901 0007076302	IV/b III/c	S3 S3	L L	Rp 70.000.000	Rp -	Produk Terapan
70	FT	PKK	Up Cycle Fashion Ramah Lingkungan	Desain Produk	Dra. Ratna Suhartini, M.Si. Dra. Hj. Juhrah Singke, M.Si.	0031126708 0018105402	IV/c IV/c	S2 S2	P P	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
71	FIK	Pendidikan Olahraga	Pengembangan Model Pembelajaran Blended Learning Berbasis Schoology Untuk Meningkatkan Motivasi Dan Hasil Belajar Atlet Pelatnas Cabang Olahraga Atletik	Pendidikan Olahraga dan Kesehatan	Dr. Anung Priambodo, S.Pd., M.Psi.T. Junaedi Budi Prihanto, S.KM., M.KM. Catur Supriyanto, S.Pd., M.Kes.	0003077204 0006017805 0002038008	IV/a III/c III/b	S3 S2 S2	L L L	Rp 67.500.000	Rp -	Produk Terapan
72	FIP	PG-PAUD	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hasil UKG Guru TK Di Kota Mojokerto	Pgtd dan (Paud)	Dra. Nurhenti Dordina Simatupang, M.Sn. Wulan Patria Saroinsong, S.Psi., M.Pd.	0019126605 0013028501	IV/a III/b	S2 S2	P P	Rp 50.000.000	Rp -	Produk Terapan
73	FIP	PGSD	Pengembangan Model Buku Teks Literasi Lintas Bidang Studi Berbasis Etnopedagogis Pada Mahasiswa PGSD Di Universitas Negeri Surabaya	Pgsd	Ganes Gunansyah, S.Pd., M.Pd. Ika Rahmawati, S.Si., M.Pd. Vicky Dwi Wicaksono, S.Pd., M.Pd.	0029018005 0026038701 0030038901	III/c III/b III/b	S2 S2 S2	L P L	Rp 55.000.000	Rp -	Produk Terapan
74	FT	PKK	Pengaruh Proporsi Ekstrak Buah Mengkudu (Morinda Citrifolia L) Dan Tepung Beras Terhadap Hasil Sediaan Kosmetik Lulur Tradisional Berantioksidan Untuk Perawatan Kulit	Kesehatan Masyarakat	Dr. Maspiyah, M.Kes. Amalia Ruhana, S.P., M.P.H.	0001046411 0023128203	IV/c III/b	S3 S2	P P	Rp 65.000.000	Rp -	Produk Terapan
75	FE	Ilmu Ekonomi	Pendekatan Baru Penanggulangan Kemiskinan Dengan Jalan Mempengaruhi Perilaku Konsumsi Individu Keluarga Miskin Pada Level Pendidikan Tinggi Di Provinsi Jawa Timur	Ekonomi Pembangunan	Hendry Cahyono, S.E., M.E. Clarashinta Canggih, S.E., CIPP. Prayudi Setiawan Prabowo, S.E., M.E.	0025068501 0004098702 0025028401	III/c III/b III/b	S2 S2 S2	L P L	Rp 66.500.000	Rp -	Produk Terapan
76	FT	PKK	Kayu Manis Dan Cengkih Sebagai Alternatif Pewarna Rambut Alami	Bidang Kesehatan Umum Lain Yang Belum Tercantum	Nia Kusianti, S.Pd., M.Pd. Biyani Yesi Wilujeng, S.Pd., M.Pd. Dindy Sinta Megasari, S.Pd., M.Pd.	0017127706 0024118403 0025098702	III/c III/b III/b	S2 S2 S2	P P P	Rp 60.000.000	Rp -	Produk Terapan
77	FT	Teknik Mesin	Rekayasa Turbin Air Jenis Kaplan Untuk Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menuju Kemandirian Energi	Teknik Energi	Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. Dr. A. Grummy Wailanduw, M.Pd., M.T.	0002047602 0023086203	III/c IV/c	S2 S2	L L	Rp 70.000.000	Rp 15.000.000	Produk Terapan Lanjutan

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
78	FMIPA	Kimia	Pengembangan Perangkat Perkuliahan Kimia Dasar Berbasis Metakognitif Untuk Membangun Kemandirian Belajar Dan Memprevensi Miskonsepsi Mahasiswa	Pendidikan Kimia	Dr. Utiya Azizah, M.Pd. Dr. H. Harun Nasrudin, M.S.	0015076503 0005016010	IV/c IV/c	S3 S3	P L	Rp 70.000.000	Rp 10.000.000	Produk Terapan Lanjutan
79	FT	PKK	Pemanfaatan Daun Binahong (Anredera Cordifolia) Sebagai Masker Tradisional Untuk Perawatan Kulit Wajah	Kesehatan Masyarakat	Dra. Hj. Suhartiningih, M.Pd. Dra. Dewi Lutfati, M.Kes.	0022115702 0018116102	IV/b III/d	S2 S2	P P	Rp 70.000.000	Rp 15.000.000	Produk Terapan Lanjutan
80	FMIPA	Fisika	Pengembangan Model Simulasi Gunungapi Sebagai Media Virtual Untuk Meningkatkan Keterampilan Memprediksi Mahasiswa Calon Guru Fisika	Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (Sains)	Eko Hariyono, S.Pd., M.Pd.	0013107403	IV/a	S2	L	Rp 55.000.000	Rp 5.000.000	Disertasi Doktor
81	FT	Teknik Mesin	Pengembangan Keterampilan Metakognisi, Kemampuan Komunikasi, Dan Kemampuan Kolaborasi, Mahasiswa Program Pendidikan Vokasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya	Pendidikan Teknik Mesin	Drs. Dewanto, M.Pd.	0009086409	IV/b	S2	L	Rp 51.000.000	Rp 5.000.000	Disertasi Doktor
82	FMIPA	Kimia	Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Peta Konsep Dengan Strategi Inkuiri Dalam Upaya Peningkatan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Mahasiswa Pendidikan Kimia	Pendidikan Kimia	Drs. Ismono, M.S.	0016016005	IV/c	S2	L	Rp 54.000.000	Rp 5.000.000	Disertasi Doktor
83	FMIPA	Fisika	Uji Coba Model Scientific Literacy Base Learning (SLBL) Untuk Membekali Kompetensi Literasi Sains Mahasiswa Calon Guru Fisika	Fisika	Dra. Titin Sunarti, M.Si.	0027116303	IV/b	S2	P	Rp 52.500.000	Rp 7.000.000	Disertasi Doktor
84	FMIPA	Kimia	Pabrikasi Kosmetik Nanogold Untuk Mendukung Industri Kosmetik Dalam Negeri.	Kimia	Dr. Titik Taufikurohmah, S.Si., M.Si. Dr. I Gusti Made Sanjaya, M.Si. Ir. Siti Tjahjani, M.Kes.	0013046805 0004126505 0012055404	IV/a IV/a IV/a	S3 S3 S2	P L P	Rp 600.000.000	Rp -	Unggulan Strategis Nasional
85	FE	Manajemen	Model Optimalisasi Distribusi Produk Industri Prioritas Untuk Pengembangan Wilayah Gerbangkertosusila Sebagai Pusat Kegiatan Nasional	ILMU MANAJEMEN	Dr. Andre Dwijanto Witjaksono, S.T., M.Si. Prof. Dr. Suyatno, M.Pd. Drs. H. Soeparno, M.T.	0023087201 0008016404 0001116506	IV/b IV/b IV/a	S3 S3 S2	L L L	Rp 95.000.000	Rp 65.000.000	Strategis Nasional Lanjutan
86	FISH	PMPKn	Analisis Dan Pengembangan Model Pembelajaran Pendidikan Pancasila Dan Kewarganegaraan (PPKn) Berbasis Karakter Untuk Membangun Budaya Anti-Korupsi Bagi Generasi Muda Di Surabaya Jawa Timur	Bidang Sosial Lain Yang Belum Tercantum	Dr. Totok Suyanto, M.Pd. Dr. Harmanto, S.Pd., M.Pd.	0004046307 0001047104	IV/b III/d	S3 S3	L L	Rp 77.500.000	Rp -	Strategis Nasional
87	FISH	PMPKn	Pengembangan Model Pembelajaran Pendidikan Kewarganegaraan (PKN) Untuk Memperkuat Wawasan Kebangsaan Dalam Rangka Membangun Nasionalisme Generasi Muda Di Sidoarjo Jawa Timur.	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan	Prof. Dr. Warsono, M.S. Dr. Agus Suprijono, M.Si.	0019056003 0011016705	IV/e IV/c	S3 S3	L L	Rp 95.000.000	Rp 50.000.000	Strategis Nasional Lanjutan
88	FBS	Bahasa dan Sastra Indonesia	Pengembangan Keterampilan Menulis Berbasis Psychowriting Untuk Menunjang Literacy Writing	Pendidikan Bahasa (dan Sastra) Indonesia	Dr. Syamsul Sodiq, M.Pd. Dr. Yuni Pratiwi, M.Pd. Drs. Slamet Setiawan, M.A., Ph.D.	0013026601 0003066108 0008066806	IV/c S3 IV/a	S3 S3 S3	L P L	Rp 146.611.000	Rp -	Berbasis Kompetensi Lanjutan
89	FMIPA	Kimia	Pengembangan Biomaterial Kolagen Hidroksiapatit Kitosan Untuk Restorasi Jaringan Tulang (Bone Graft)	Kimia	Prof. Dr. Sari Edi Cahyaningrum, M.Si. Dr. Nuniek Herdyastuti, M.Si.	0029127002 0010117004	IV/b IV/b	S3 S3	P P	Rp 110.000.000	Rp -	Berbasis Kompetensi
90	FBS	Bahasa dan Sastra Indonesia	Pengembangan Prototipe Perencanaan Pembelajaran Bahasa Indonesia SMP Yang Efektif Untuk Meningkatkan Kinerja Guru	Pendidikan Bahasa (dan Sastra) Indonesia	Dr. Kamidjan, M.Hum. Dr. Hetty Purnamasari, M.Pd. Prof. Dr. H. Bambang Yulianto, M.Pd. Dr. Fransisca Dwi Harjanti, M.Pd.	0001085302 0712026801 0005076009 0716036902	IV/c - IV/e III/d	S3 S3 S3 S3	L P L P	Rp 140.000.000	Rp -	Berbasis Kompetensi Lanjutan
91	FISH	Pendidikan Geografi	Pengembangan Model UKM Produsen Kripik Melalui Optimalisasi Pemanfaatan Umbi Inferior Menuju Sentra Industri Makanan Di Koridor Ekonomi Jawa	Bidang Sosial Lain Yang Belum Tercantum	Dr. Sukma Perdana Prasetya, S.Pd., M.T. Dr. Hj. Euis Ismayati, M.Pd. Prof. Dr. Djodjok Soepardjo, M.Litt.	0006128002 0024125705 0016095804	III/c IV/c IV/d	S3 S3 S3	L P L	Rp 185.000.000	Rp 30.000.000	MP3EI Lanjutan

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
92	FIP	KTP	Standarisasi Kualitas Dan Higienitas Empon-Empon Berbasis Potensi Lokal Sebagai Upaya Peningkatan Eksistensi Industri Produk Herbal Dan Nilai Ekspor Produk Herbal Indonesia	Teknologi Pendidikan	Prof. Dr. Rusjono, M.Pd. Dr. Pirim Setiarso, M.Si. Mirwa Adiprahara Anggarani, S.Si., M.Si.	0011026111 0027086003 0021048603	IV/d III/d III/b	S3 S3 S2	L L P	Rp 185.000.000	Rp 30.000.000	MP3EI Lanjutan
93	FT	Teknik Elektro	Standarisasi Preparasi Dan Prosedur Pewarnaan Batik Menggunakan Pewarna Alam Sebagai Wujud Penguatan Dan Pengembangan UMKM Batik Andalan Koridor Ekonomi (KE) Jawa	Teknik Pertekstilan (Tekstil)	Dr. Agus Budi Santosa, M.Pd. Dr. Asri Wijastuti, M.Pd.	0022085805 0013106103	IV/a IV/b	S3 S3	L P	Rp 185.000.000	Rp 15.000.000	MP3EI Lanjutan
94	FE	Manajemen	Pengembangan Rintisan Produk Unggulan Daerah Melalui Pendampingan Kelompok Bisnis Makanan Berbahan Dasar Ikan Di Kabupaten Lamongan	Manajemen	Dr. Jun Surjanti, S.E., M.Si. Dr. Dian Anita Nuswantara, S.E., Ak., M.Si. Dra. Rahayu Dewi Soeyono, M.Si. Rosa Prafitri Juniarti, S.E., M.S.M.	0012066704 0020037401 0024116304 0027068803	IV/c IV/a III/c III/b	S3 S3 S2 S2	P P P P	Rp 185.000.000	Rp 30.000.000	MP3EI Lanjutan
95	FT	Teknik Elektro	Model Pengembangan UKM Olahan Bandeng Berbasis Potensi Lokal Hasil Perikanan Tambak Dalam Rangka Menuju Industri Nasional Bidang Makanan Di Koridor Ekonomi Jawa	Teknik Elektro	Prof. Dr. H. Supari, M.Pd. Prof. Drs. H. Toho Cholik Mutehir, M.A., Ph.D. Dra. Any Sutiadiningsih, M.Si.	0010115103 0031124706 0024045904	IV/e IV/e IV/c	S3 S3 S2	L L P	Rp 185.000.000	Rp 30.000.000	MP3EI Lanjutan
96	FE	Manajemen	Model Peningkatan Produktivitas Berbasis Lingkungan Pada Industri Kecil Olahan Kopi Untuk Penguatan Industri Minuman Koridor Jawa	Manajemen	Prof. Dr. Dewie Tri Wijayati Wardoyo, M.Si. Dr. Erina Rahmadyanti, S.T., M.T. Diah Wulandari, S.T., M.T.	0029016005 0013087905 0005037804	IV/b III/d III/c	S3 S3 S2	P P P	Rp 185.000.000	Rp -	MP3EI
97	FT	PKK	Optimalisasi Pembuatan Dan Pengembangan Produk Makanan Olahan Biji Rambutan Sebagai Pilot Plan Untuk Skala Industri Menuju Ketahanan Pangan Unggulan Koridor Ekonomi Jawa	Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (Tataboga, Busana, Rias Dll)	Dr. Meda Wahini, M.Si. Dr. Wiwik Sri Utami, M.P. Dr. Prima Retno Wikandari, M.Si. Dr. Meini Sondang Sumbawati, M.Pd.	0022086101 0005086705 0015116402 0015056104	IV/a IV/b III/d IV/a	S3 S3 S3 S3	P P P P	Rp 175.000.000	Rp -	MP3EI
98	FMIPA	Kimia	Optimalisasi Bahan Baku Melalui Pemanfaatan Kembali (Reuse) Malm Sisa Pembatikan Menuju "Zero Waste Management" Sebagai Upaya Pengembangan Industri Batik Andalan Koridor Ekonomi Jawa	Kimia	Dr. Nita Kusumawati, S.Si., M.Sc. Dr. Anang Kistyanto, S.Sos., M.Si. Samik, S.Si., M.Si.	0004078201 0009127109 0006088306	III/d IV/a III/b	S3 S3 S2	P L L	Rp 185.000.000	Rp 15.000.000	MP3EI Lanjutan
99	FT	Teknik Informatika	Determinasi Tingkat Keparahan Osteoarthritis Berbasis First Order (FO), Second-Order, Run Length Matrices Menggunakan Linear Vector Quantization (LVQ)	Teknik Biomedika	Dr. Lilik Anifah, S.T., M.T.	0002097901	III/c	S3	P	Rp 93.900.000	Rp 50.000.000	Pasca Doktor
100	FMIPA	Kimia	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Mata Kuliah Kimia Dasar Berwawasan Green Chemistry Dalam Rangka Mewujudkan Green Education	Pendidikan Kimia	Mitarlis, S.Pd., M.Si. Dr. Utiya Azizah, M.Pd. Bertha Yonata, S.Pd., M.Pd.	0004027004 0015076503 0022068201	IV/b IV/c III/c	S2 S3 S2	P P P	Rp 105.000.000	Rp -	Sosial, Humaniora, dan Pendidikan
101	FISH	PMPKn	Pengembangan Model Pembudayaan Empat Pilar Kebangsaan Untuk Membangun Nasionalisme Tingkat Satuan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama Di Sidoarjo Jawa Timur Menuju Generasi Indonesia 2025	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan	Prof. Dr. Sarmini, M.Hum. Prof. Dr. Warsono, M.S.	0008086803 0019056003	IV/d IV/e	S3 S3	P L	Rp 120.000.000	Rp -	Sosial, Humaniora, dan Pendidikan
102	FT	Teknik Sipil	Evaluasi Pelaksanaan Kurikulum 2013 Bidang IPA SDN Di Kota Surabaya	ILMU IPA	Prof. Dr. Elizabeth Titiek Winanti, M.S. Dra. Indiah Kustini, M.T. Drs. Andang Widjaja, S.T., M.T.	0001055206 0001085610 0019056502	IV/d IV/b IV/b	S3 S2 S2	P P L	Rp 105.000.000	Rp -	Sosial, Humaniora, dan Pendidikan
103	FE	Pendidikan Ekonomi	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Ekonomi Syariah Pada Mata Pelajaran Ekonomi Lintas Peminatan Berbasis Pendekatan Saintifik SMA Jurusan IPA	Pendidikan Ekonomi	Dr. Luqman Hakim, S.Pd., S.E., M.S.A. Dr. H. Moch. Khoirul Anwar, S.Ag., MEI. Riza Yonisa Kurniawan, S.Pd., M.Pd. Triesninda Pahlevi, S.Pd., M.Pd.	0015027305 0018097608 0031018601 0010118603	III/d III/d III/b III/b	S3 S3 S2 S2	L L L P	Rp 110.000.000	Rp -	Sosial, Humaniora, dan Pendidikan
104	FBS	Seni Drama, Tari, dan Musik	Konservasi Wayang Topeng Jombang Sebagai Upaya Membangun Kembali Nilai-Nilai Budaya Bangsa	Seni tari	Dra. Setyo Yanuartuti, M.Si. Dr. Anik Juwariyah, M.Si. Joko Winarko, S.Sn., M.Sn. Drs. Rani Pusita, M.Hum.	0015016902 0013046804 0026037604 0026037604	IV/a IV/b III/b III/d	S2 S3 S2 S2	P P L L	Rp 162.500.000	Rp -	Penciptan dan Penyajian Seni

No.	Fakultas	Jurusan	Judul	Rumpun Ilmu	Tim Peneliti	NIDN	Gol.	Pend.	L/P	Dana	Dana Tambahan	Skim
105	FMIPA	Kimia	Standarisasi Membran Berkinerja Tinggi Dengan Teknik Coating Dan Blending Menggunakan Polivinylidene Fluoride, Polysulfone Dan Polyetherimide Sebagai Teknologi Multifungsi Unggulan Industri	Kimia	Dr. Nita Kusumawati, S.Si., M.Sc. Dra. Niken Purwidiani, M.Pd.	0004078201 0021046405	III/d IV/b	S3 S2	P P	Rp. 137.500.000	Rp. -	Unggulan Perguruan Tinggi

Salinan sesuai dengan Keputusan yang asli.
Kepala Biro Umum dan Keuangan,


Drs. BUDIARMO, S.H., M.M.
NIP 196005131980101002

Ditetapkan di : Surabaya
Pada tanggal : 12 April 2017
Rektor,

ttd

WARSONO
NIP 196005191985031002