

Vol. 1 No. 2 | Oktober 2017

ISSN No. 2597-4254

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin
Rekayasa Mekanik



Di Publikasikan oleh:
Fakultas Teknik UNIB



9 772597 425016

- *ANALYSIS OF STEAM TURBINE ISENTROPIC EFFICIENCY TYPE CONDENSATE 5U-GT 102 B IN PLANT UREA P-1 B GT-102 B, CASE STUDY IN PT. PUPUK SRIWIDJAJA-PERSERO PALEMBANG BY USING COMPUTER AIDED THERMODYNAMICS TABLE 3 (CATT3)* 1
Angky Puspawan
- *OPTIMASI GEOMETRI SUDUT PAHAT DAN PARAMETER PROSES TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI DAN ANOVA* 7
Hendri Van Hoten, Roby Syaputra, Zuliantoni(1), Nurbaiti(2)
- *METODE ALIGNMENT PADA POMPA SENTRIFUGAL* 11
Galang Perkasa Nusantara, Helmizar
- *KAJI KARAKTERISTIK MEKANISME FURLING CONTROL DENGAN SUDUT EKOR 20° PADA KINCIR ANGIN SKALA MIKRO* 21
Agus Suandi(1), Linggar Pramudiono(1), Nurul Iman Supardi(1), Angky Puspawan(1)
- *OPTIMASI BIAYA PERAWATAN DENGAN METODE AGE REPLACEMENT PADA MESIN SPINNING OPEN END* 27
Zuliantoni(1), Rahmat Kurniawan(2)
- *ANALISA BEBAN STATIK MECHANICAL SEAL PADA POMPA SENTRIFUGAL 504G04 SECTION TANK FARM DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK METODE ELEMEN HINGGA* 35
Nopprian Ersan(1), Nurul Iman Supardi(2), Helmizar(3)
- *FORMAT PENULISAN JURNAL* 41

TEKNIK MESIN - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
Jl. W.R Supratman
Kandang Limun, Bengkulu 38371
Sumatera - INDONESIA
Tel : +62 736 21170 and 21884
Fax : +62 736 22105
E-mail: rekayasamekanik@unib.ac.id



Jurnal Ilmiah Teknik Mesin



ISSN No. 2597 – 4254

Vol. I No. 2, Tahun I, Oktober 2017

Jurnal Rekayasa Mekanika mempublikasikan karya tulis di bidang sains – Teknologi, Murni Disiplin dan Antar Disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi. Jurnal ini terbit berkala setiap enam bulan (April dan Oktober)

Penanggung Jawab

Dr.Eng Dedi Suryadi, S.T., M.T.

Penyunting Ahli (Mitra Bestari)

Helmizar, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Dr.Eng. Hendra, S.T., M.T. (Universitas Bengkulu)

Dr. Gesang Nugroho, S.T., M.T. (Universitas Gadjah Mada)

Dr.Eng. Nurkholis Hamidi (Universitas Brawijaya)

Prof. Dr.Eng. Gunawarman (Universitas Andalas)

Redaktur

Yovan Witanto, S.T., M.T.

Redaktur Pelaksana

Agus Nuramal, S.T., M.T.

Editor

Nurul Iman Supardi, S.T. M.P.

Ahmad Fauzan, S.T., M.T.

Angky Puspawan, S.T., M.Eng.

Hendri Van Hoten, S.T., M.T.

Agus Suandi, S.T., M.Eng.

Penerbit

Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu

Sekretariat Redaksi

Gedung Dekanan Fakultas Teknik Program, Studi Teknik Mesin – Universitas Bengkulu

Jalan Raya WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170, 344067, Fax (0736) 22105

E-mail: mesin@unib.ac.ic

KAJI KARAKTERISTIK MEKANISME *FURLING CONTROL* DENGAN SUDUT EKOR 20° PADA KINCIR ANGIN SKALA MIKRO

Agus Suandi[1], Linggar Pramudiono[1], Nurul Iman Supardi[1], Angky Puspawan[1]
[1]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371
email: suandi.agus@gmail.com

ABSTRAK

Dalam perancangan kincir angin, seorang perancang tidak hanya mengutamakan bagaimana cara kincir mengkonversi energi mengingat bahwa energi angin sangat fluktuatif, maka kincir angin harus mampu menyesuaikan keadaan. Di mana harus menghadap arah datang angin untuk mendapatkan energi yang optimal namun harus terlindungi dari kecepatan angin yang berlebih. Mekanisme *Furling control* bekerja dengan melipat ekor sehingga *nacelle* berputar berpaling dari arah angin, gerakan tersebut membentuk sudut Φ yaitu sudut antara posisi ekor terlipat dengan posisi awal dan membentuk sudut γ yaitu sudut antara sumbu rotor dengan garis arah angin. Dengan berpalingnya *nacelle* dari arah angin maka putaran bilah tidak terus menerus meningkat seiring kenaikan kecepatan angin.

Pada penelitian ini dilakukan variasi panjang ekor yaitu 0,74 m, 0,82 m dan 0,90 m yang dilakukan untuk melihat pengaruh gaya pada sirip ekor (f_{vane}) terhadap terjadinya moment *furling*. Kincir angin dengan ekor pendek (0,74 m) menunjukkan mekanisme *yawing* dan *furling* terjadi lebih cepat, dengan kecepatan maksimum rotor terendah (950 rpm). Sedangkan kincir angin dengan ekor terpanjang (0,90 m) menunjukkan *yawing* dan *furling* terjadi sesuai dengan V_f rancangan (8 m/s), akan tetapi mencapai titik balik tertinggi (11 m/s) dengan kecepatan maksimum rotor juga tertinggi (1065 rpm). Mekanisme *furling* pada kincir dengan panjang ekor lebih pendek dan lebih panjang menunjukkan ketidakstabilan pada sudut *yawing* kincir..

Kata kunci : *furling*, mechanic control, windmill, aerodynamic

PENDAHULUAN

Kincir angin adalah alat yang digunakan untuk mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanis, dimana energi kinetik angin yang berupa energi translasi diubah menjadi energi rotasi (putaran) yang kemudian dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Dalam perancangan kincir angin, seorang perancang tidak hanya mengutamakan bagaimana cara kincir mengkonversi energi mengingat bahwa energi angin sangat fluktuatif, maka kincir angin harus mampu menyesuaikan keadaan. Di mana harus menghadap arah datang angin untuk mendapatkan energi yang optimal namun harus terlindungi dari kecepatan angin yang berlebih[2].

Perlindungan dilakukan untuk mencegah terjadinya *overspeed* pada rotor kincir angin. Tanpa sistem perlindungan, rotor dapat berputar hingga melebihi batas kemampuan bilah, generator dan komponen rotor lainnya, sehingga dapat terjadi kegagalan fungsi, dengan kata lain "berbahaya".

Mekanisme *furling control* merupakan sistem kontrol perlindungan kincir angin sederhana yang memanfaatkan gaya kinetik angin yang memberikan gaya angkat aerodinamik (kontrol pasif) dan gaya gravitasi bumi. Dengan teknologi *furling*, sistem perlindungan akan lebih memungkinkan untuk diaplikasikan pada kincir angin skala mikro[2].

Mekanisme *furling* dipengaruhi beberapa variabel yang menentukan agar mekanisme *furling* dapat berkerja dengan baik. Beberapa variabel penentu tersebut adalah kecepatan angin, massa ekor, panjang ekor, luas penampang ekor, jarak offset, dimensi baling-baling, sudut *furling* dan sudut angkat ekor.

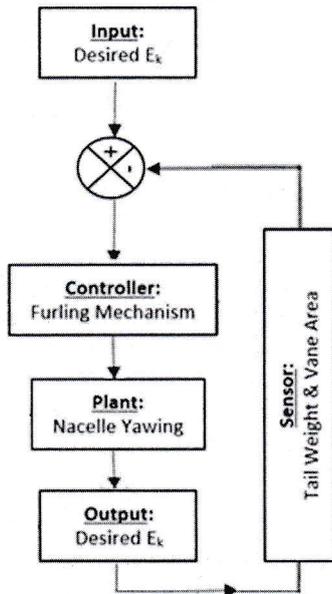
Pada kesempatan ini peneliti melakukan kaji karakteristik mekanisme *furling control* kincir angin skala mikro dengan mempertimbangkan variabel-variabel penentu yang disebutkan diatas dimana perancangan dan pengambilan data mekanisme *furling control* telah dilakukan dengan hasil yang cukup memuaskan[1].

Pada prinsipnya, variabel-variabel diatas mempengaruhi besaran momen *thrust* dan momen *furling* kincir angin. Untuk mengkaji pengaruh moment *furling* terhadap moment *thrust*, peneliti melakukan variasi dengan memperpendek batang ekor (lboom) sebesar -10% dan memperpanjang batang ekor +10% dari angka perhitungan desain.

Kajian yang mendalam tentang *furling control* perlu dilakukan dengan memperhatikan setiap variabel yang mempengaruhi kinerja mekanisme *furling* pada kincir angin sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat dalam perancangan sistem *furling control* yang lebih baik.

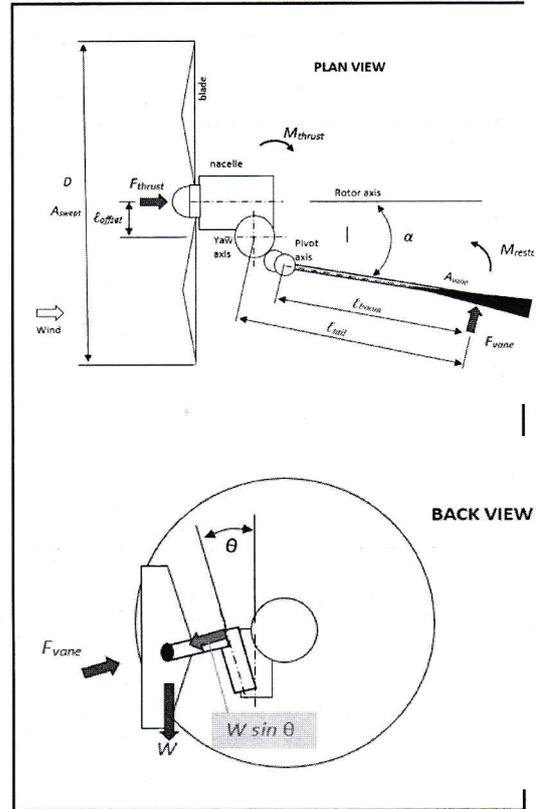
METODOLOGI

Fungsi dari *furling control* adalah mempertahankan posisi ketika kecepatan angin normal untuk mendapat energi yang optimal dan berpaling ketika kecepatan angin terlalu tinggi sebagai sistem proteksi. Energi kinetik yang diterima kincir dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan luas sapuan rotor, dengan memalingkan rotor dari arah angin maka luas bidang yang tegak lurus terhadap garis arah angin akan berkurang, sehingga semakin kecil energi kinetik yang diterima. Diagram blok pada Gambar 1 memperlihatkan sistem kontrol *furling*.

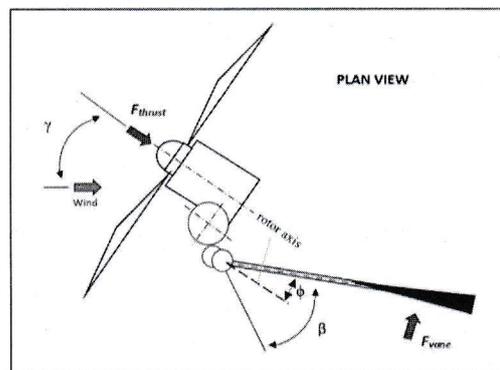


Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol *furling*

Furling control yang merupakan sistem kontrol mekanik lingkaran tertutup (*closed loop*) dan otomatis. Berpalingnya kincir angin dari arah angin diakibatkan momen *thrust* yang diimbangi momen *furling*. Ekor dapat melipat dan kembali ke posisi semula secara otomatis dengan memanfaatkan gaya angkat angin dan gaya berat ekor.



Gambar 2. Posisi yawing dan *furling* normal



Gambar 3. Posisi yawing positif dan *furling* positif

Kriteria kontrol *furling* terdapat pada batas kecepatan angin di mana sistem mulai bekerja untuk melakukan penyelamatan. Dalam kajian ini, kontrol *furling* dilakukan pada kecepatan angin $v = 8$ m/s. Selain v yang merupakan batas untuk memulai penyelamatan, v juga merupakan batas untuk kembali ke posisi normal, artinya ketika kincir berada pada posisi berpaling ($v > 8$ m/s) lalu kecepatan angin mengalami penurunan hingga $v < 8$ m/s, maka sistem bekerja secara otomatis untuk mengembalikan kincir ke posisi normal.

Untuk menentukan massa ujung ekor (m), panjang ekor (ℓ_{boom}), dan luas penampang ekor (A) dilakukan perhitungan. Data awal perhitungan diberikan berdasarkan asumsi kondisi lingkungan (ρ) udara dari tebal fluida dan batasan masalah.

Informasi awal yang perlu diketahui adalah spesifikasi kincir yang diinginkan, informasi tersebut adalah sebagai berikut:

ρ_{udara}	=	1,225
kg/m^3		
D	=	1 m
TSR	=	6 (asumsi)
<i>Furling windspeed, v_f</i>	=	8 m/s

Melalui informasi diatas, hasil perhitungan perancangan diperoleh dimensi rancangan sebagai berikut[1]:

<i>Rotor offset (ℓ_{offset})</i>	=	0,04 m
<i>Thrust Force (F_{thrust})</i>	=	46,158 N
<i>Thrust Momment (M_{thrust})</i>	=	1,84632

Nm		
Sirip ekor (A_{vane})	=	0,0785 m ²
Massa ekor (m)	=	0,829 kg
Panjang ekor (ℓ_i)	=	0,82 m
Sudut awal ekor (α)	=	20°
Sudut angkat ekor (Θ)	=	15°

Pada penelitian ini dilakukan variasi panjang ekor untuk melihat pengaruh gaya sirip terhadap terjadinya moment *furling*. Variasi panjang ekor sebagai berikut.

Panjang ekor (ℓ_{-1}) -10%	=	0,74 m
Panjang ekor (ℓ_{+1}) +10%	=	0,90 m

Hasil perhitungan pada perancangan kincir angin yang telah dibahas pada tulisan sebelumnya [1] menghasilkan kincir angin dengan mekanisme *furling* seperti dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Kincir angin skala mikro dengan mekanisme *furling control*.

Untuk mengetahui karakteristik sistem kontrol *furling* maka data yang perlu diambil ketika melakukan pengujian adalah:

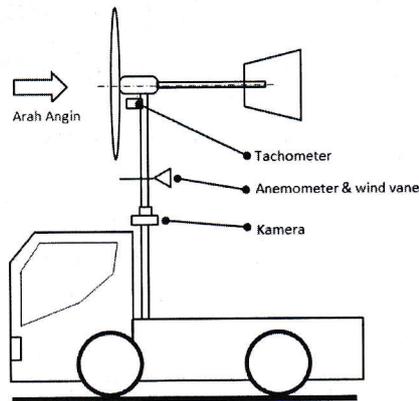
1. Kecepatan angin, v (m/s)
2. Sudut *Furling*, Φ (°)
3. Sudut *Yawing*, γ (°)
4. Putaran bilah, n (rpm)

Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan data-data tersebut adalah,

1. *Anemometer* - digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada saat pengujian.
2. *Tachometer* - berfungsi untuk mengetahui putaran rotor kincir angin.
3. Neraca timbang - untuk mengukur massa ujung ekor kincir.
4. Petunjuk Arah Angin - *wind vane* berperan sebagai penunjuk arah angin (*Wind Direction Sensor*)
5. Kamera - digunakan dua buah kamera. Kamera 1 untuk merekam gerakan kincir angin dan kamera 2 untuk merekam tampilan pada alat ukur selama pengujian yang kemudian hasil rekaman dapat dianalisa lebih lanjut.
6. Mobil bak terbuka - (*pick-up*) digunakan untuk merekayasa kecepatan angin yang diberikan pada kincir angin.

Skema pemasangan perangkat alat ukur pada proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5. Kecepatan angin direkayasa menggunakan laju mobil, dengan syarat bahwa pengujian dilakukan ketika kecepatan angin lingkungan tiada atau sangat kecil. Dengan begitu, arah angin sama dengan arah laju mobil dimana mobil melaju sesuai dengan kecepatan angin yang diinginkan. Lokasi pengambilan data dipilih lokasi dengan jalan

yang lurus dan rata. Skema pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5.

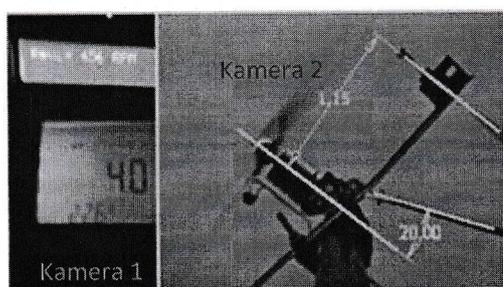


Gambar 5. Instalasi alat ukur untuk perekaman data

Proses perekaman data menggunakan dua kamera. Satu unit kamera (kamera 1) untuk merekam tampilan alat ukur (tachometer dan anemometer) dan satu unit kamera (kamera 2) untuk merekam perubahan gerakan yawing dan furling kincir angin.

Untuk mensinkronkan hasil rekaman kamera 1 (kincir) dan kamera 2 (display) diperlukan proses penggabungan video menggunakan program komputer.

Data perubahan sudut yawing dan furling diambil berdasarkan pengolahan data video. Pengambilan data dimulai pada kecepatan 2 m/s dan setiap kenaikan kecepatan angin 0,5 m/s hingga 16 m/s. Pengukuran sudut yawing dan furling menggunakan software Autodesk Inventor



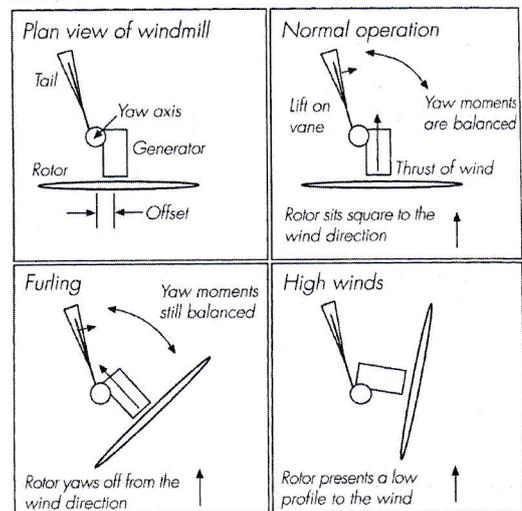
Gambar 6. Hasil Rekaman Data dan Pengukuran Sudut

HASIL DAN PEMBAHASAN

Furling bekerja dengan melipat ekor sehingga nacelle berputar berpaling dari arah angin, gerakan tersebut membentuk sudut Φ

yaitu sudut antara posisi ekor terlipat dengan posisi awal dan membentuk sudut γ yaitu sudut antara sumbu rotor dengan garis arah angin. Dengan berpalingnya nacelle dari arah angin maka putaran bilah tidak terus menerus meningkat seiring kenaikan kecepatan angin.

Mekanisme terjadinya yawing dan furling dapat dilihat pada Gambar 7 dimana ketika kecepatan angin melebihi batas (8 m/s) maka kincir angin akan melipat seperti pada Gambar 7.



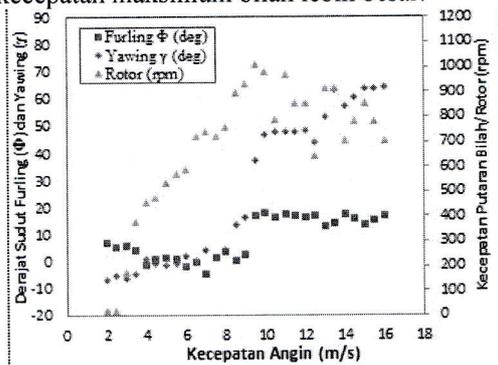
Gambar 7. Yaw governing system pada turbin angin skala mikro^[3]

Terjadinya yawing dan furling

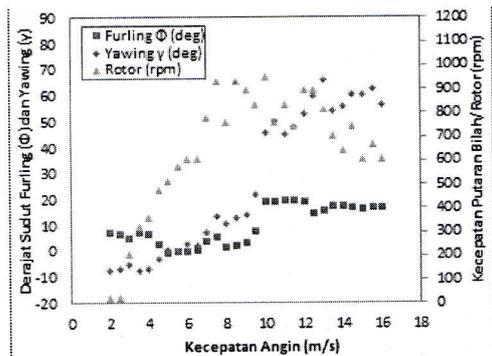
Dalam perancangan diinginkan bahwa sudut yawing γ dan furling Φ mulai terbentuk pada kecepatan angin 8 m/s. Karakteristik mekanisme furling hasil rancangan dengan panjang ekor l_1 0,82 m menunjukkan mekanisme furling mulai bekerja pada kecepatan angin 7,5 m/s dengan membentuk sudut yawing $1,5^\circ$ dan sudut furling $1,5^\circ$ dengan kecepatan bilah 720 rpm. Hasil ini 0,5 m/s lebih cepat dari v_f rancangan. Data mekanisme furling dengan panjang ekor l_1 0,74 m menunjukkan furling terjadi lebih cepat lagi, yaitu pada kecepatan angin 7 m/s membentuk sudut yawing $7,3^\circ$ dan sudut furling $3,7^\circ$ dengan kecepatan bilah 779 rpm. Sedangkan data mekanisme furling untuk kincir dengan panjang ekor l_{+1} 0,92 m menunjukkan furling terjadi pada kecepatan angin 8 m/s dengan sudut yawing $1,3^\circ$ dan furling $2,5^\circ$ kecepatan bilah 685 rpm.

Titik balik yawing dan furling

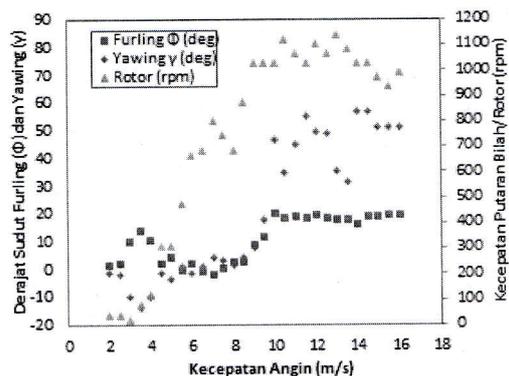
Bilah mulai berputar pada kecepatan angin 2 m/s dan terus berputar semakin cepat seiring kenaikan kecepatan angin. Meskipun mekanisme *furling* dan *yawing* telah mulai berkerja pada kecepatan angin 7-8 m/s, namun putaran bilah terus meningkat. Kincir dengan panjang ekor l_1 , putaran bilah mencapai puncaknya pada kecepatan angin 9,5 m/s dengan putaran bilah maksimum sebesar 1007 rpm, sudut *yawing* 37° dan *furling* 16°. Untuk panjang ekor l_1 , putaran bilah mencapai puncaknya pada kecepatan angin 10 m/s dengan putaran bilah maksimum sebesar 950 rpm, sudut *yawing* 44° dan *furling* 20°. Selanjutnya, untuk ekor l_{+1} , putaran bilah mencapai puncaknya pada kecepatan angin 11 m/s dengan putaran bilah maksimum sebesar 1065 rpm dengan sudut *yawing* 45° dan *furling* 18°. Dari data ini menunjukkan bahwa kincir dengan ekor pendek lebih cepat terjadi *yawing* dan *furling* dan lebih cepat mencapai titik balik untuk menurunkan kecepatan putaran bilah, sedangkan pada kincir dengan ekor lebih panjang menunjukkan *yawing* dan *furling* terjadi sesuai dengan v_f rancangan (8 m/s), akan tetapi mencapai titik balik lebih tinggi dengan kecepatan maksimum bilah lebih besar.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian *furling* $l_1 = 0,82$ m



Gambar 9. Grafik hasil pengujian *furling* $l_1 = 0,74$ m



Gambar 10. Grafik hasil pengujian *furling* $l_{+1} = 0,9$ m

Stabilitas kincir angin

Hasil pengamatan stabilitas mekanisme *furling* dengan sudut 20° derajat pada kincir angin skala mikro ini memperlihatkan fenomena tidak stabil pada kecepatan angin rendah yaitu ketika v_f dibawah 7 m/s. Pada kecepatan angin rendah, angin memberikan gaya pada sirip ekor sehingga ekor bergerak positif terhadap arah datang angin, akan tetapi sudut *yawing* kincir bergerak negatif. Kejadian ini bukanlah fenomena mekanisme *furling* yang diinginkan. Fenomena ini dapat terjadi pada penggunaan sistim *furling* dengan sudut ekor yang cukup besar. Bila kita memperhatikan Gambar 8, 9 dan 10, terlihat penyimpangan *yawing* negatif terbesar terjadi pada kincir dengan ekor yang lebih panjang.

Pengamatan stabilitas kincir angin pada kecepatan angin yang tinggi juga memperlihatkan fenomena ketidakstabilan mekanisme *furling* yang diteliti. Pada kecepatan angin yang tinggi, angin akan memberi gaya pada sirip ekor f_{vane} dengan maksimal sehingga ekor akan berada sejajar dengan arah angin. Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 8, 9 dan 10 diatas, dapat dijelaskan bahwa proses mekanisme *furling* paling stabil yaitu pada Gambar 8. Ini dikarenakan pada proses perancangan kincir dengan mekanisme *furling* ini telah dilakukan perhitungan kesetimbangan gaya dan momen dengan baik. Untuk kincir mekanisme *furling* dengan panjang ekor 10% lebih pendek dan 10% lebih panjang menunjukkan ketidakstabilan pada sudut *yawing* kincir. Hal ini terlihat jelas dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 10 untuk kincir dengan ekor terpanjang. Stabilitas ekor pada mekanisme *furling* tidak diikuti oleh stabilnya *yawing* kincir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mekanisme *furling* kincir angin skala mikro dan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Kincir angin dengan ekor pendek (0,74 m) menunjukkan *yawing* dan *furling* mulai terjadi pada $V_f = 7$ m/s lebih cepat dari V_f rancangan (8 m/s), dan mencapai titik balik pada 10 m/s dengan kecepatan maksimum bilah terendah (950 rpm). Sedangkan kincir angin dengan ekor terpanjang (0,90 m) menunjukkan *yawing* dan *furling* terjadi sesuai dengan V_f rancangan (8 m/s), akan tetapi mencapai titik balik tertinggi (11 m/s) dengan kecepatan maksimum juga tertinggi (1065 rpm).
2. Mekanisme *furling* paling stabil yaitu pada kincir angin dengan panjang ekor $l_t = 0,82$ m. Ini dikarenakan pada proses perancangan kincir dengan mekanisme *furling* ini telah dilakukan perhitungan kesetimbangan gaya dan momen dengan baik.
3. Mekanisme *furling* pada kincir dengan panjang ekor 10% lebih pendek dan 10% lebih panjang menunjukkan ketidakstabilan pada sudut *yawing* kincir. Hal ini terlihat jelas dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 10 untuk kincir dengan ekor terpanjang. Stabilitas ekor pada mekanisme *furling* tidak diikuti oleh stabilnya *yawing* kincir angin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agus Suandi, 2017, Perancangan Mekanisme Furling Control untuk Kincir Angin Skala Mikro, Teknosia Vol.3 No.1, 2017, pp. 47-59
- [2]. Piggott Hugh, 2003, How to Build a Wind Turbine
- [3]. Piggott Hugh, 2009, Windpower Workshop, British, British Wind Energy Association
- [4]. Bartmann Dan, Dan Fink, 2009, Homebrew Wind Power: A Hands-on Guide to Harnessing the Wind, Canada
- [5]. White Frank M., 2008, Fluid Mechanics Sixth Edition, McGraw-Hill, New York.
- [6]. Chancey Jennifer, Gregor Archibald, Jordan Braun, Kevin Pallard, 2008, Inexpensive Wind Turbine, Dalhousie University, Canada.
- [7]. C Probst Oliver, Jaime Martinez, Jorge Elizondo, Oswaldo Monroy, 2011, Small Wind Turbine Technology, Wind Turbine, Dr. Ibrahim Al-Bahadly (Ed.), ISBN: 978-307-221-0, Shanghai, InTech.
- [8]. Muljadi E., T. Forsyth, C.P. Butterfield, 1998, Soft-stall Control Versus Furling Control for Small Wind Turbine Power Regulation, Colorado, NREL.
- [9]. Strong Simon J., 2008, Design of Small Wind Turbine, University of Southern, Queensland.