



Vol: 3 N0. 2 | Oktober 2019

ISSN No. 2597 - 4254

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Rekayasa Mekanik

1. KAJI KARAKTERISTIK MEKANISME FURLING CONTROL MODEL TURBIN ANGIN DENGAN SUDUT EKOR 0°
Agus Suandi, Nurul Iman Supardi, dan Angky Puspawan Hal 1
2. ANALISIS KARAKTERISTIK AERODINAMIKA FLYING WING DENGAN WINGLET MENGGUNAKAN METODE CFD DENGAN SOLVER-FLUENT
Alfin Mustagfirin Pohan, Arifin Rasyadi Soemaryanto, Nurbaiti, Helmizar, dan Nurul Iman Supardi Hal 5
3. THE EFFECTIVENESS OF COOLING TOWER OF MECHANICAL DRAFT-UNIT 3 STEAM POWER PLANT CASE STUDY IN PT. PLN (PERSERO), BUKIT ASAM SECTOR, TANJUNG ENIM REGENCY, SOUTH SUMATERA PROVINCE
Angky Puspawan Hal 9
4. ANALISIS REMAINING LIFE TANGKI K-20 PERTAMINA RU III PLAJU
Dedi Suryadi dan Argian Ardi Prasetya Hal 19
5. ANALISA PERFORMANCE POMPA SENTRIFUGAL ITEM 6P-4021-J YANG DIPENGARUHI KONDISI STRAINER TERHADAP EFISIENSI KERJA YANG DIHASILKAN
Edi Nugroho, Arief Sunaryunanto, Helmizar, Agus Nuramal, dan Agus Suandi Hal 25
7. PERBANDINGAN EFISIENSI ISENTROPIK STEAM TURBINE TC 663 MY 140 UNIT 4 PLTU PT. PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKITAN BUKIT ASAM, TANJUNG ENIM, SUMATRA SELATAN TAHUN 2017 DENGAN TAHUN 2019
Tito Apiyanto dan Yovan Witanto Hal 31
8. RANCANG BANGUN ALAT PENGARANGAN TIPE RETORT KAPASITAS 40 KG
Nurul Iman Supardi dan Zuliantoni Hal 37

TEKNIK MESIN - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
Jalan 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



Di publikasikan oleh:
Fakultas Teknik UNIB



Jurnal Ilmiah Teknik Mesin



ISSN No. 2597 – 4254

Vol. 3 No. 2, Oktober 2019

Jurnal Rekayasa Mekanik 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)

Dr.Eng. Munadi (Universitas Diponegoro)

A Sofwan F Alqap, S.T., M.Tech., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Hendri Hestiawan, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Redaktur

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

Desain Grafis

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

Sekretariat

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

Penerbit

Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu

Sekretariat Redaksi:

Gedung Dekanat Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin – Universitas Bengkulu

Jln. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170, 344067

Email: teknik_mesin@unib.ac.id

DAFTAR ISI

REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
1 KAJI KARAKTERISTIK MEKANISME <i>FURLING CONTROL</i> MODEL TURBIN ANGIN DENGAN SUDUT EKOR 0°	1
Agus Suandi, Nurul Iman Supardi, dan Angky Puspawan	
2 ANALISIS KARAKTERISTIK AERODINAMIKA FLYING WING DENGAN WINGLET MENGGUNAKAN METODE CFD DENGAN SOLVER-FLUENT	5
Alfin Mustagfirin Pohan, Arifin Rasyadi Soemaryanto, Nurbaiti, Helmizar, dan Nurul Iman Supardi	
3 <i>THE EFFECTIVENESS OF COOLING TOWER OF MECHANICAL DRAFT-UNIT 3 STEAM POWER PLANT CASE STUDY IN PT. PLN (PERSERO), BUKIT ASAM SECTOR, TANJUNG ENIM REGENCY, SOUTH SUMATERA PROVINCE</i>	9
Angky Puspawan	
4 ANALISIS REMAINING LIFE TANGKI K-20 PERTAMINA RU III PLAJU	19
Dedi Suryadi dan Argian Ardi Prasetya	
5 ANALISA <i>PERFORMANCE</i> POMPA SENTRIFUGAL ITEM 6P-4021-J YANG DIPENGARUHI KONDISI <i>STRAINER</i> TERHADAP EFISIENSI KERJA YANG DIHASILKAN	25
Edi Nugroho, Arief Sunaryunanto, Helmizar, Agus Nuramal, dan Agus Suandi	
7 PERBANDINGAN EFISIENSI ISENTROPIK <i>STEAM TURBINE TC 663 MY 140</i> UNIT 4 PLTU PT. PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKITAN BUKIT ASAM, TANJUNG ENIM, SUMATRA SELATAN TAHUN 2017 DENGAN TAHUN 2019	31
Tito Apiyanto dan Yovan Witanto	
8 RANCANG BANGUN ALAT PENGARANGAN TIPE RETORT KAPASITAS 40 KG	37
Nurul Iman Supardi dan Zuliantoni	
Format Penulisan Jurnal	45

KAJI KARAKTERISTIK MEKANISME *FURLING CONTROL* MODEL TURBIN ANGIN DENGAN SUDUT EKOR 0°

Agus Suandi[I], Nurul Iman Supardi[II], Angky Puspawan[III]

[I][II][III]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu,
Jalan W.r. Supratman Kandang Limun Bengkulu, Bengkulu, Indonesia 38371 A
Telepon: (0736) 344087, 21170-227
Email: agus_suandi@unib.ac.id

ABSTRACT

Furling is a simple windmill protection control system, utilizing the earth's gravity and wind lift (passive control). With furling technology, the protection system will be more likely to be applied to micro-scale windmills. The function of furling control is to maintain a position when the wind speed is normal to get optimal energy and turn the nacelle from the wind direction (called yawing) when the wind speed is too high as a protection system.

The design criteria are at the wind speed limit where the system starts working to save, that is, with the moment of the wind force forming a yawing angle. In this design, the wind speed limit at which furling starts to work is $V = 8$ m/s. In addition to V which is the limit to start the rescue, V is also the limit to return to normal position, meaning that when the windmill is in the turned position ($V > 8$ m/s) then the wind speed decreases to $V < 8$ m/s, then the system works automatically to return the wheel to its normal position. To determine the tail tip mass m , length (ℓ boom), and tail cross-sectional area (A). Preliminary data calculations are given based on the assumption of environmental conditions (ρ) air from the fluid table and problem constraints.

This furling system works by keeping the tail position fixed at an angle of 0° and the nacelle rotates away from the wind direction. The movement forms a yawing angle, which is the angle between the axis of the rotor and the direction of the wind. The wind speed is measured using an anemometer, the rotational speed of the blades is measured using a tachometer and the angle formed is obtained through visual observation of the recording and image processing results. The test results show that the furling and yawing mechanism starts working at wind speeds of 7-8 m/s and the rotor rotation is 495 rpm with a yawing angle of 10°. As the wind speed increases, the yawing angle formed is greater and the rotor rotation is not optimal. At a wind speed of 17 m/s yawing angle of 47°, the rotation of the rotor does not exceed 750 rpm which if it does not occur yawing, the rotor rotation at 17 m/s reaches 1084 rpm.

Keywords: *furling, yawing, windmills, mechanical control*

I. PENDAHULUAN

Angin sebagai energi hijau yang dapat diperbarui semakin populer di kalangan masyarakat internasional, dan kemungkinan besar akan menjadi salah satu sumber utama daya listrik global dalam waktu dekat [1]. Potensi angin di Indonesia memang tidak sebesar negara-negara di Eropa dan Amerika, namun potensi yang ada bukan berarti tidak berguna begitu saja, yang perlu dilakukan adalah mengaplikasikan sistem yang relevan untuk potensi yang ada. Pengkajian dan pengembangan teknologi pemanfaatan energi angin sangat diperlukan agar penerapannya dapat disesuaikan serta mendukung kemandirian teknologi dalam negeri.

Mesin yang dapat digunakan untuk mengkonversi energi angin adalah kincir angin, di mana energi angin yang merupakan energi kinetik diubah menjadi energi mekanik (putaran) yang kemudian dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Di dalam perancangannya 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 tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya *overspeed* pada rotor dan generator. Tanpa sistem perlindungan, rotor dapat berputar hingga melebihi batas kemampuan bilah, generator dan

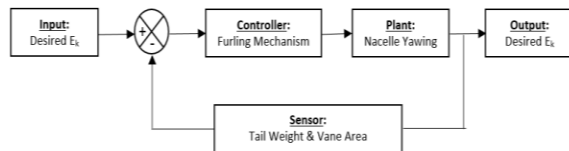
komponen rotor lainnya, sehingga dapat terjadi kegagalan fungsi, dengan kata lain “berbahaya”.

Penelitian dilakukan dengan membuat rancangan, kemudian melakukan pengujian untuk mengetahui kerja sistem yang dirancang. Penelitian rancang bangun sistem *furling control* ini dirancang sendiri dengan melakukan perhitungan yang telah disederhanakan [4].

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.

II. METODE PENELITIAN

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. Diagram blok pada Gambar 1 menjelaskan cara kerja sistem kontrol *furling* yang dirancang.



Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol *furling*

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. *Furling control* yang dirancang merupakan sistem kontrol mekanik, lingkaran tertutup (*closed loop*) dan otomatis. Berpalingnya *nacelle* diakibatkan moment yang terjadi antara poros rotor terhadap tiang penyanggah. Untuk kincir angin dengan sudut 0° , ekor dijaga tetap pada posisinya yaitu tetap berada di belakang kincir dan tetap tegak lurus terhadap arah angin. Ketika kecepatan angin terus bertambah dan moment *yawing* terjadi, ekor akan terangkat dengan mekanisme yang telah dirancang, kemudian ekor akan kembali ke posisi semula secara

otomatis dengan memanfaatkan berat ekor akibat bila kecepatan angin menurun.

Kriteria kontrol *furling* terdapat pada batas kecepatan angin di mana sistem mulai bekerja untuk melakukan penyelamatan. Dalam kajian ini, kontrol *furling* mulai bekerja 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_{bilah}	= 1 m
TSR	= 6 (asumsi)
<i>Furling windspeed</i> , v_f	= 8 m/s
Jumlah bilah	= 3
Bahan bilah	= pvc

Melalui informasi diatas, hasil perhitungan perancangan diperoleh dimensi rancangan sebagai berikut[4]:

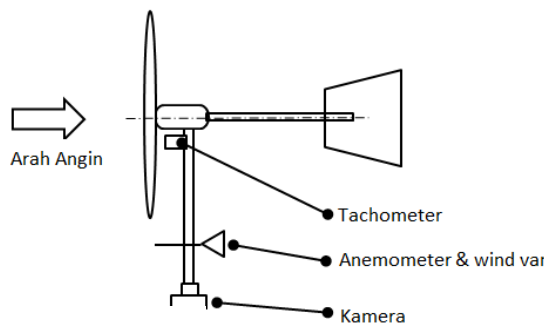
<i>Rotor offset</i> (ℓ_{offset})	= 0,04 m
<i>Thrust Force</i> (F_{thrust})	= 46,158 N
<i>Thrust Moment</i> (M_{thrust})	= 1,84632 Nm
Sirip ekor (A_{vane})	= 0,0785 m ²
Massa ekor (m)	= 0,829 kg
Panjang ekor (ℓ_1)	= 0,82 m
Sudut awal ekor (α)	= 0°
Sudut angkat ekor (Θ)	= 15°

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

1. Kecepatan angin, V (m/s)
2. Sudut Yawing, γ ($^\circ$)
3. Putaran bilah, n (rpm)

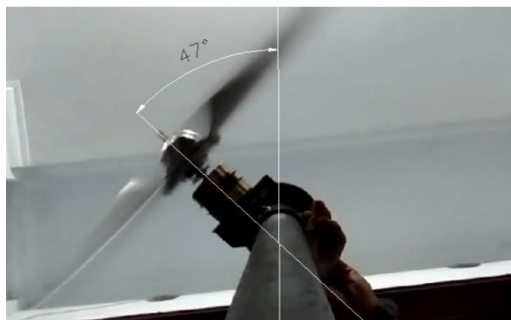
Skema pemasangan perangkat alat ukur pada proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5.

Kecepatan angin direkayasa menggunakan *wind tunnel*. Skema pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 2. Instalasi alat ukur untuk perekaman data

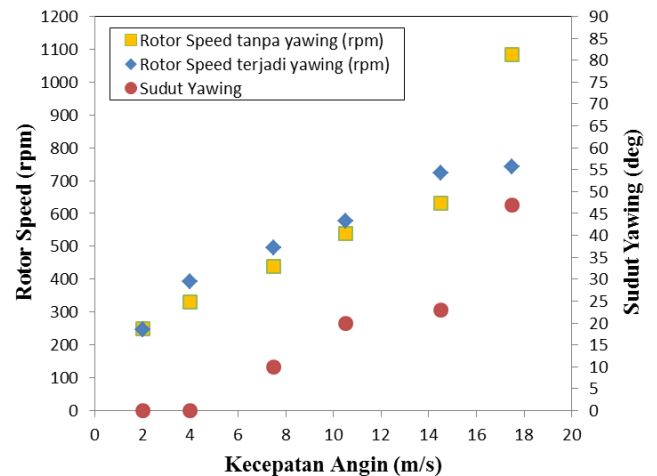
Proses perekaman data sudut yawing menggunakan kamera dan data perubahan sudut yawing diambil berdasarkan pengolahan data video dan image yang diukur menggunakan software Autocad.



Gambar 3. Image Hasil Rekaman Data dan Pengukuran Sudut

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme *Furling* pada sudut ekor 0° bekerja dengan tidak melipat ekor, dimana ekor tetap pada posisi 0° . Mekanisme yang terjadi hanya membentuk sudut yawing disebabkan *nacelle* berputar berpaling dari arah angin. Sudut yawing yaitu sudut antara sumbu rotor dengan garis arah angin. Dengan berpalingnya *nacelle* dari arah angin maka laju kenaikan putaran rotor terhambat seiring kenaikan kecepatan angin.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Kecepatan Rotor, Sudut Yawing Terhadap Kecepatan Angin.

Dalam perancangan diinginkan bahwa sudut yawing mulai terbentuk pada kecepatan angin 8 m/s. Karakteristik mekanisme *furling* dengan sudut ekor 0° hasil rancangan dengan panjang ekor l_{boom} 0,82 m menunjukkan mekanisme *furling* mulai berkerja pada kecepatan angin 7,2 m/s dengan membentuk sudut yawing 10° dengan kecepatan bilah 495 rpm. Hasil ini lebih cepat dari V_f rancangan 8 m/s.

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 seiring kenaikan kecepatan angin. Pada mekanisme *furling* dan yawing, laju kenaikan putaran bilah terlihat mulai berkurang. Pada kecepatan angin 17 m/s sudut yawing 47° putaran rotor tidak melebihi 742 rpm yang mana jika tidak terjadi yawing, putaran rotor pada 17 m/s mencapai 1084 rpm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mekanisme *furling* kincir angin skala mikro dan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa kincir angin menunjukkan mulai terjadi yawing pada $V_f = 7-8$ m/s mendekati V rancangan 8 m/s, dan mulai menunjukkan penurunan laju kenaikan putaran rotor secara signifikan pada 17 m/s membentuk sudut yawing 47° dengan putaran rotor maksimum sebesar

742 rpm yang mana jika tidak terjadi *yawing*, putaran rotor pada 17 m/s mencapai 1084 rpm.

REFERENSI

- [1] Zhi Wu, Hengsheng Wang. (2012). Research on Active Yaw Mechanism of Small Wind Turbines, *Energy Procedia* 16, pp. 53 – 57.
- [2] Piggott Hugh. (2009). *Windpower Workshop*, British Wind Energy Association, British, Halaman 36, 40, 98, 102, 104.
- [3] Muljadi E, T, Forsyth, CP. Butterfield. (1998). Soft-stall Control Versus Furling Control for Small Wind Turbine Power Regulation, NREL, Colorado, Hal, 5-7.
- [4] Agus Suandi, Linggar Pramudiono, Nurul Iman Supardi. (2017). Perancangan Mekanisme Furling Control untuk Kincir Angin Skala Mikro, *Teknosia Vol, III, No, 1*, hal, 47-59.
- [5] Agus Suandi, Linggar Pramudiono, Nurul Iman, Angky Puspawan. (2017). Kaji Karakteristik Mekanisme Furling Control Dengan Sudut Ekor 20° Pada Kincir Angin Skala Mikro, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol, 1 No, 2 Pp*, 21-26.
- [6] Çengel Yunus A, Cimbala John M. (2006). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*, McGraw-Hill, New York, Hal, 181,
- [7] Etienne Audierne, JorgeElizondo, Leonardo Bergami, Humberto Ibarra, Oliver Probst. (2010). Analysis of the furling behavior of small wind turbines, *Elsevier, Volume 87, Issue 7*, pp, 2278-2292.
- [8] Strong Simon J. (2008). *Design of Small Wind Turbine*, University of Southern Queensland, Hal 75-78.