

Otopro

JURNAL TEKNIK MESIN

Pengaruh Perubahan Sudut Pitch Yang Besar Terhadap Kinerja Low Solidity Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H dengan Bilah Profile Naca 0018
Indra Herlamba Siregar ✓✓

Menentukan Maintenance And Repair Mesin Ditinjau dari Getaran dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel Komatsu Type 6d 125-2
Sudiyono, Bambang Antoko

Rancang Bangun Pengendalian Diesel Generator Set Menggunakan Electric Governor Berbasis Fuzzy Logic Untuk Menstabilkan Frekuensi
Muhammad Shah, Arief Subekti

Test Dinamik CNC Turning Machine Pada Material Mild Steel dengan Menggunakan Hight Speed Steel Cutter
Hariyanto

Pengaruh Sudden Enlargement Terhadap Pressure Drop
Priyo Heru Adiwibowo

Penggunaan Metanol Sebagai Bahan Bakar PEM Fuel Cell
Aris Ansori

Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan Bengkel di PT. United Motors Centre (UMC) Surabaya
Dyah Riandadari, Nanang Fatkuroji

Mesin Produksi Terpadu Pengolah Kedelai Bahan Baku Tempe Yang Efektif dan Efisien
Budihardjo A.H., Yunus, I Made Muliatna

Otopro

Vol. 7

No. 2

Hlm.
93 - 185

Surabaya
Mei 2012

ISSN
1858-411X

Otopro

JURNAL TEKNIK MESIN

Ketua Penyunting

Drs. A. Grummy Wailanduw, M.Pd., MT

Penyunting Pelaksana

Arya Mahendra Sakti, ST., MT
Warju, S.Pd., ST., MT

Penyunting Ahli

Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D (ITS)
Prof. Ir. I N. Gede Wardana, M.Eng., Ph.D (UNIBRAW)
Prof. Ir. H. Sudjito, Ph.D (UNIBRAW)
Dr. Ir. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. (UNESA)
Ir. Budi Utomo K.W., ME (ITS)
Drs. Ir. I Wayan Susila, MT (UNESA)

Pelaksana Teknis

Slamet Riyanto, SST
Mariyamidayati

Alamat Redaksi:

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
Kampus UNESA Ketintang Surabaya 60231
Telp. (031) 8299487, Fax. (031) 8292957
e-mail: mesin_unesa@yahoo.com

Jurnal **Otopro** diterbitkan 2 (dua) kali setahun yaitu bulan Mei dan Nopember oleh Jurusan Teknik Mesin, FT-UNESA, sebagai media informasi dan forum kajian masalah ilmu teknik mesin. Berisi tentang tulisan ilmiah, ringkasan hasil penelitian, pembahasan kepustakaan dan gagasan kritis yang orisinal. Redaksi mengundang para ahli, praktisi, dan siapa saja yang berminat untuk menyumbangkan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media cetak lain.

PENGARUH PERUBAHAN SUDUT PITCH YANG BESAR
TERHADAP KINERJA LOW SOLIDITY TURBIN ANGIN
SUMBU VERTIKAL DARRIEUS TIPE-H DENGAN BILAH
PROFILE NACA 0018

DAFTAR ISI

Pengaruh Perubahan Sudut Pitch Yang Besar Terhadap Kinerja Low Solidity Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H dengan Bilah Profile Naca 0018 Indra Herlamba Siregar	93 – 101
Menentukan <i>Maintenance And Repair</i> Mesin Ditinjau dari Getaran dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel Komatsu Type 6D 125 – 2 Sudiyono, Bambang Antoko	102 – 114
Rancang Bangun Pengendalian Diesel Generator Set Menggunakan Electric Governor Berbasis Fuzzy Logic Untuk Menstabilkan Frekuensi Muhammad Shah, Arief Subekti.....	115 – 125
Test Dinamik CNC <i>Turning Machine</i> Pada <i>Material Mild Steel</i> dengan Menggunakan <i>Hight Speed Steel Cutter</i> Hariyanto.....	126 – 140
Pengaruh <i>Sudden Enlargement</i> Terhadap <i>Pressure Drop</i> Priyo Heru Adiwibowo	141 – 150
Penggunaan Metanol Sebagai Bahan Bakar PEM <i>Fuel Cell</i> Aris Ansori.....	151 – 163
Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan Bengkel di PT. United Motors Centre (UMC) Surabaya Dyah Riandadari, Nanang Fatkuroji	164 – 171
Mesin Produksi Terpadu Pengolah Kedelai Bahan Baku Tempe Yang Efektif dan Efisien Budihardjo A.H., Yunus, I Made Muliatna.....	172 – 185

ABSTRACT

Energy represent elementary requirement to human being in this life. Along with progress of era, where requirement of human being of energy is sustain as ever greater life activity also. Energy Fossil is the main source of energy in a few this decade, but because its character cannot renewable and ill disposed to environment hence human being try to seek the source of energy alternative which in character can renewable and friendly to environment one of them is wind energy. Wind energy will not yet been developed in Indonesia because potentially less gratifying because mean speed of the wind in Indonesia

PENGARUH PERUBAHAN SUDUT PITCH YANG BESAR TERHADAP KINERJA LOW SOLIDITY TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DARRIEUS TIPE-H DENGAN BILAH PROFILE NACA 0018

Indra Herlamba Siregar
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
Kampus UNESA Raya Ketintang Gedung A.6 Lt 2.

ABSTRAK

Energi merupakan kebutuhan yang elementer bagi manusia dalam kehidupan ini. Seiring dengan kemajuan jaman dimana kebutuhan manusia akan energi untuk menopang aktifitas kehidupannya semakin besar pula. Energi Fosil adalah sumber energi utama dalam beberapa dekade ini, namun karena sifatnya tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah terhadap lingkungan maka manusia mencoba sumber energi alternatif yang sifatnya dapat diperbaharui dan ramah terhadap lingkungan salah satunya energi angin. Energi angin masih belum dikembangkan di Indonesia karena secara potensi kurang memuaskan karena rata-rata kecepatan angin di Indonesia berkategori rendah sampai dengan sedang. Untuk itu diperlukan desain turbin yang bekerja pada kondisi kecepatan angin di Indonesia. Pada penelitian kali ini digunakan model turbin angin sumbu vertikal Darrieus Tipe-H dengan profil bilah NACA 0018 kecepatan angin yang diberikan 3 m/s dan 3,67 m/s dan sudut pitch 15° , 20° , 25° dan 30° dengan pembebanan 200, 50 dan 300 gr. Hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin angin sumbu vertikal Darrieus Tipe-H yang optimum diperoleh pada sudut pitch 15° dengan kecepatan angin 3 m/s dengan daya $4,86 \times 10^{-2}$ Watt dan koefisien kinerja 7,841 %.

Kata kunci : Sudut pitch, Turbin Angin sumbu vertikal Darrieus Tipe-H, Koefisien kinerja

ABSTRACT

Energy represent elementary requirement to human being in this life. Along with progress of era where requirement of human being of energy to sustain its ever greater life activity also. Energy Fossil is the main source of energy in a few this decade, but because its character cannot renewable and ill disposed to environment hence human being try to seek the source of energy alternative which in character can renewable and friendly to environment one of them is wind energy. Wind energy still not yet been developed in Indonesia because potency less gratifying because mean speed of the wind in Indonesia categorize to lower up to middle So for this needed design of wind turbine work at condition of wind speed in Indonesia. In this research use of vertical axis wind turbine model of Darrieus Tipe-H with NACA 0018 profile blade. Wind speed a nominal wind speed of 3 m/s and 3,67 m/s and pitch angle are 15° , 20° , 25° and 30° with encumbering 200, 250 and 300 gr. Results show that optimum vertical axis wind turbine performance of Darrieus Tipe-H which is obtained at pitch angle 15° with wind speed 3 m/s, at this condition obtained power $4,86 \times 10^{-2}$ Watt and coefficient of performance 7,841 %.

Keyword : Pitch angle, VAWT of Darrieus Tipe-H, Coefficient of Performance

1. PENDAHULUAN

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).

Jumlah penduduk yang besar serta pertumbuhan ekonomi yang tinggi tentunya hal ini 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 (Syahrial, 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 (Syahrial, 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 bahan bakar minyak yaitu solar dan bensin serta LPG menurut BPPT telah dikeluarkan dari devisa untuk mensubsidi BBM pada tahun 2010 sebesar 81 Triliun (Permana, 2011).

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 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 (Dewan Riset Nasional, 2006).

Salah satu energi alternatif yang dikembangkan adalah energi angin. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar (Jarass, 1980).

Konstruksi turbin angin *Sumbu Vertikal* memiliki beberapa kelebihan daripada sumbu horizontal yaitu bisa menyerap potensi angin dari segala arah, bekerja pada kecepatan rendah, konstruksi sederhana dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang begitu luas serta menghasilkan momen yang besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Fiedler A. J dan Stephen Tullis pada tahun 2009 meneliti tentang pengaruh susunan bilah dan sudut pitch yang kecil terhadap kinerja high solidity turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H, dimana hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin angin menurun hingga 47 % pada susunan toe-in dan meningkat hingga 29% pada susunan toe-out dari sudut pitch bilah.

El-Samanoudy, M., Ghorab, A.A.E. dan Youssef, Sh.Z pada tahun 2010 meneliti kinerja turbin sumbu vertikal Darrieus tipe-H dengan parameter uji profile bilah NACA 0024, NACA 4420

dan NACA 4520 dengan panjang chord untuk setiap profile ada ukuran yaitu 8 cm, 12 cm dan 15 cm dengan panjang span 70 cm. Kemudian sudut pitchnya bervariasi $0^0, 10^0, 20^0, 30^0, 40^0, 50^0, 60^0$ dan -10^0 dimana hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin diperoleh pada profile NACA 004 panjang chord 15 cm, sudut pitch 10^0 dan radius 40 cm dimana pada kondisi ini terjadi kenaikan kinerja sebesar 25 %.

Fujisawa dan shibuya S pada tahun 2001 meneliti fenomena dynamic stall dari turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H dengan metoda visualisasi dan pengukuran particle image velocimetry (PIV) pada kondisi kerangka kerja stationer dan berputar. Hasil penelitian memaparkan bahwa fenomena dynamic stall teramati dengan metoda pengukuran PIV dimana digambarkan bahwa terbentuknya pasangan pusaran dari bilah yang bergerak di upstream dimana mekanisme dynamic stall berkaitan pembangkitan separasi secara berurutan pada permukaan bagian dalam dari bilah yang diikuti terbentuknya pusaran secara roll-up pada permukaan bagian luar bilah. Meskipun demikian secara kualitatif dynamic stall independen terhadap tip-speed ratios, sudut bilah yang menyebabkan timbulnya stall dan laju pertumbuhan pusaran stall dipengaruhi oleh perubahan tip-speed ratios.

Dasar Teori

Hasil pengujian akan diolah menjadi data kuantitatif, untuk itu perlu kiranya penjabaran paramater-parameter hitung yang bertujuan untuk menganalisa hasil dari penelitian, yaitu:

1. **Daya angin** adalah potensi daya yang terkandung pada udara yang bergerak yang diformulasikan sebagai berikut :

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho S U_{\infty}^3 \quad (1).$$

Dimana

P_{Wind} = Potensi Daya Angin (watt)

ρ = Densitas Udara (Kg/m^3)

S = Luasan Span (m^2)
 $= L \times D$

Panjang Bilah (L) , Diameter Bilah Holder (D)

U_{∞} = Kecepatan Angin (m/s)

2. **Daya yang dihasilkan oleh turbin angin** sumbu vertikal diformulasikan sebagai berikut :

$$P_{Out} = \frac{m g h}{t} \quad (2).$$

Dimana

P_{Out} = Daya yang dihasilkan Turbin Angin (watt)

m = massa beban (Kg)

g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

h = tinggi (m)

t = waktu (det)

3. **Coefficient of performance** adalah suatu nilai yang menunjukkan kemampuan turbin mengekstrak daya angin yang diformulasikan sebagai berikut :

$$Cp = \frac{P_{Out}}{P_{Wind}} \quad (3).$$

4. **Tip speed ratio turbin (λ)** adalah perbandingan kecepatan bilah dengan kecepatan angin mpuan turbin mengekstrak daya angin yang diformulasikan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\omega r}{U_{\infty}} \quad (4).$$

Dimana

λ = Tip speed ratio

ω = putaran turbin (rps)

5. **Solidity (σ)** adalah perbandingan antara luasan bilah terhadap luasan sapuan turbin yang diformulasikan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{Nc}{D} \quad (5).$$

Dimana

N = Jumlah bilah

c = panjang chord bilah

3. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel-Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat 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 pitch dan beban turbin angin.
2. Variabel Terikat adalah variable 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 jumlah bilah 3 buah.

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Pengambilan data merupakan suatu proses penting untuk mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah putaran, kecepatan angin, sudut pitch, beban, waktu tempuh beban pada jarak perpindahan beban yang ditentukan sebelumnya. Untuk mendapatkan data-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 yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain :

1. Anemometer
Merk : Lutron ABH 4225

Unit : m/S, Km/h, knot

2. *Hygrometer*

Merk : Hanna Instruments

Unit : % RH



Gambar 1. Rangkaian instrumen penelitian

3. Mistar
4. Stopwatch
Merk : LG
Unit : 1/100 s
5. Bilah turbin
Spesifikasi
Profile NACA 0018 bahan PVC dengan dimensi panjang chord 100 mm dan panjang span 300 mm seperti tertera pada gambar 2.

Prosedur Penelitian

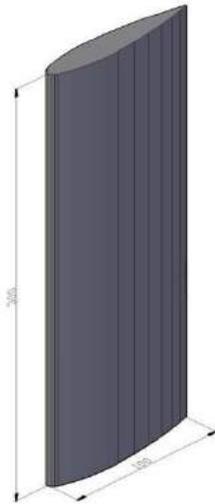
a. Tahap Persiapan

1. Menyusun/membuat rangkaian obyek penelitian seperti pada gambar 1.
2. Menyiapkan peralatan dan instrumen penelitian, yaitu anemometer, mistar, *stopwatch*.
3. Menyiapkan beberapa variasi beban yang digunakan pada pengujian.

b. Tahap Percobaan

1. Menghidupkan kipas angin.

- Melakukan pengaturan kecepatan angin pada kipas dengan potensiometer. Kemudian dilakukan pengecekan kecepatan angin dengan anemometer, pengecekan ini dilakukan setelah angin melewati penenang.



Gambar 2. Profil *bilah* turbin angin

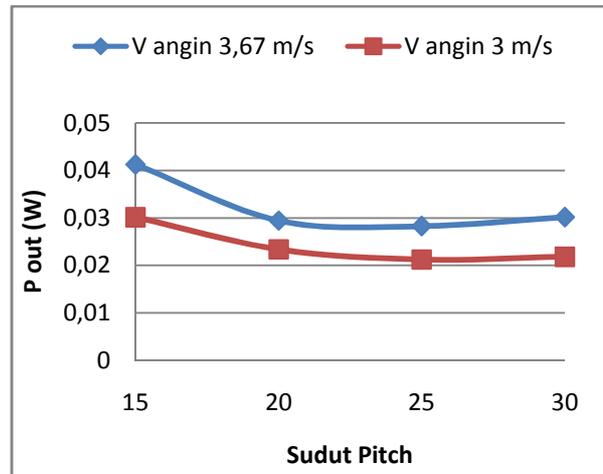
- Pengamatan mulai dilakukan dengan memberi beban yang telah dipersiapkan pada tali di *pulley*. Kemudian kipas dihidupkan dan diatur pada kecepatan angin 3m/s dan 3,67m/s, pengamatan dilakukan hingga beban tersebut terangkat 10 cm dari posisi awal.
- Melakukan pencatatan data yang meliputi waktu, kecepatan angin, putaran turbin, dan beban.
- Mengulangi langkah percobaan 1 – 4. Hingga tiga kali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

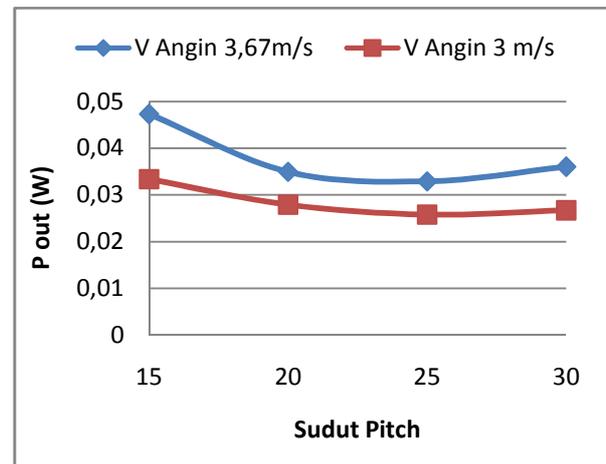
Daya

Daya turbin adalah daya yang dihasilkan oleh turbin angin setelah mengekstrak energi dari udara yang bergerak yang mengenai turbin yang dihitung dengan persamaan 2, kemudian

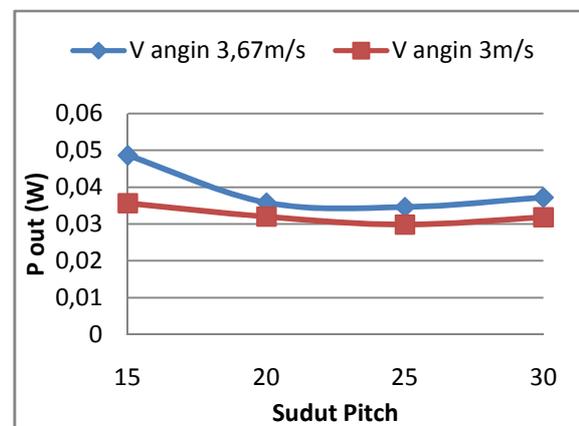
hasil perhitungannya dipaparkan bentuk grafik dari mulai grafik 3 sampai 5.



Gambar 3. Daya turbin angin terhadap sudut *pitch* pada beban 200 gr



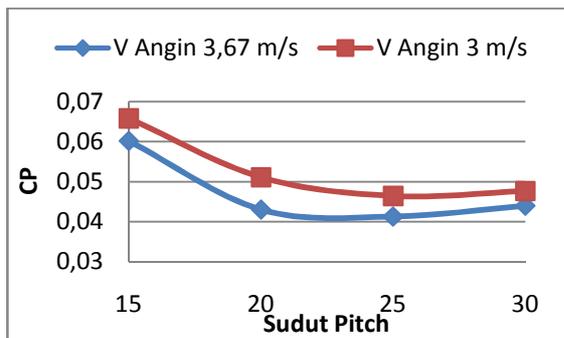
Gambar 4. Daya turbin angin terhadap sudut *pitch* pada beban 250 gr



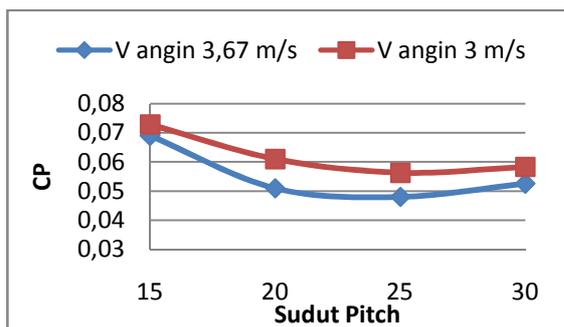
Gambar 5. Daya turbin angin terhadap sudut *pitch* pada beban 300 gr

Koeffisien Unjuk Kerja Turbin (C_p)

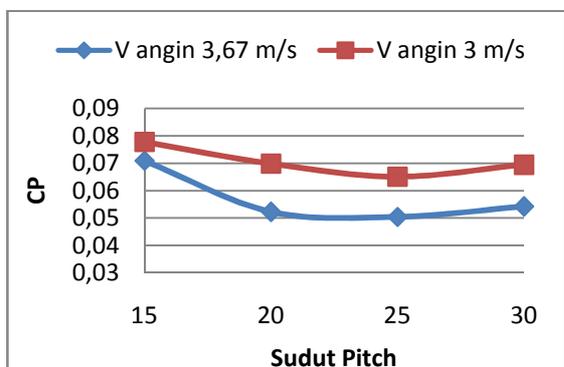
Koeffisien unjuk kerja turbin adalah parameter yang menunjukkan seberapa besar potensi daya angin yang bisa diekstrak oleh turbin, dimana besarnya dihitung dengan persamaan 2.2 yang hasil perhitungannya dipaparkan bentuk grafik dari mulai grafik 6 sampai 8.



Gambar 6. Nilai C_p terhadap sudut *pitch*, beban 200 gr



Gambar 7. Nilai C_p terhadap sudut *pitch*, beban 250 gr



Gambar 8. Nilai C_p terhadap sudut *pitch*, beban 300 gr

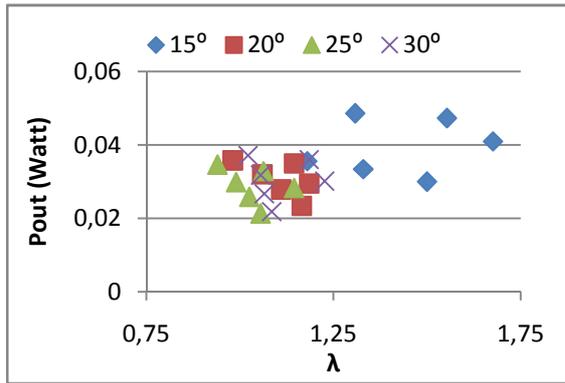
Pembahasan

Dari paparan gambar 3 sampai dengan gambar 8 terlihat bahwa semakin besar sudut *pitch* maka kinerja turbin angin sumbu vertikal berupa daya yang dihasilkan maupun koeffisien kinerja turbin angin semakin turun. Hal ini diduga semakin besar sudut *pitch* menyebabkan aliran udara semakin cepat berubah menjadi turbulen sehingga fenomena dynamic stall muncul, hal ini ditandai oleh munculnya shedding vortex yang pusarannya berupa pasangan pusaran yang berputar berlawanan satu pusaran disekitar pusat turbin dan yang lain berkembang seterusnya dan yang lain berputar dipermukaan bawah bilah turbin (Fujisawa N, 2001).

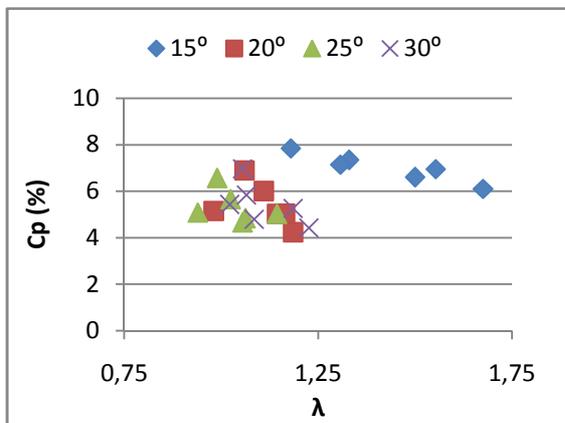
A. Laneville (1986) menyatakan bahwa munculnya fenomena dynamic stall akan menyebabkan gaya lift yang merupakan gaya yang dominant menghasilkan torsi pada turbin sumbu vertikal juga menurun. Hal ini tentunya akan menurunkan daya yang dapat diekstrak oleh turbin angin sumbu vertikal. Penurunan daya turbin otomatis juga akan menurunkan coefficient kinerja turbin angin.

Begitupula untuk sudut dan massa beban yang sama lihat gambar 3 sampai 8 semakin tinggi kecepatan angin akan menurunkan kinerja turbin angin, hal ini disebabkan dengan kecepatan angin yang lebih tinggi lebih turbulen daripada angin dengan kecepatan yang lebih rendah akibatnya ketika menumbuk bilah dari turbin angin sumbu vertikal pada kondisi ini lebih turbulen sehingga gaya lift yang timbul lebih rendah akibatnya kinerja turbin angin juga menurun,

Pada umumnya kinerja turbin angin diukur dengan parameter tip speed ratio seperti dipaparkan pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Daya turbin angin terhadap Tip speed ratio pada berbagai sudut *pitch*



Gambar 10. Nilai Cp terhadap Tip speed ratio pada berbagai sudut *pitch*

Terlihat dari gambar 9 dan 10 meningkatnya nilai tip speed ratio menyebabkan kinerja turbin angin sumbu vertical menurun, begitupula semakin besar sudut pitch dari bilah turbin angin sumbu vertikal menyebabkan kinerja turbin menurun.

Hasil penelitian dengan parameter yang diujikan menunjukkan bahwa kinerja turbin angin sumbu vertikal yang terbaik pada sudut pitch 15° dan pada kecepatan 3 m/s atau pada tip speed yang rendah. Kinerja yang diperoleh pada kondisi ini turbin angin menghasilkan daya 4,86 x 10² Watt dan koefisien kinerja turbin sebesar 7,841 %.

5. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pengaruh perubahan sudut *pitch* terhadap unjuk kerja turbin angin Sumbu Vertikal Darrius Tipe-H skala model berupa daya dan coefisien kinerja dengan jumlah tiga *bilah*, semakin bertambah sudut pitch maka kinerja turbin angin sumbu vertikal menurun dengan kinerja terbaik dihasilkan pada sudut pitch 15° yang menghasilkan daya 4,86 x 10² Watt dan koefisien kinerja turbin sebesar 7,841 %.
- Pengaruh perubahan kecepatan angin terhadap unjuk kerja turbin angin Sumbu vertikal Darrius Tipe-H skala model berupa daya dan efisiensi dengan jumlah tiga bilah, semakin bertambah kecepatan angin maka menurunkan kinerja turbin angin sumbu vertikal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Surabaya yang telah mendukung secara finansial penelitian ini dengan SK Rektor No. 161/UN38/HK/PL/2012 pada MAK 525119.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2009, Import Premium Indonesia Tahun 2008, (*Online*) (www.pertaminatongkang.co.id di akses 12 April 2009).
- Anonim, 2012, Pemerintah dalam Pengelolaan Energi Nasional online <http://bem.feb.ugm.ac.id/index.php/publication/kajian/66-pemerintah-dalam-pengelolaan-energi-nasional> 7 10 2012
- A. Laneville, P. Vittecoq, Dynamic stall; The case of the sumbu vertikal wind turbine, ASME J. Sol.Energy Eng. 108 (1986) 140±145.

4. Armely dkk., 2004, Bumi Makin Panas,(*Online*)(http://www.pelangi.or.id/publikasi/2007/bumi_makin_panas.pdf diakses 27 mei 2008).
5. Daryanto, 2007, “*Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*”. Balai PPTAGG-UPT-LAGG, Yogyakarta.
6. David J., Sheskin , 2000, Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures, 2nd edition, Boca ranton, Chapman and Hall.
7. Dewan Riset Nasional, 2006, Arah Kebijakan Riset Nasional 2006 – 2009, Jakarta.
8. El-Samanoudy. M, 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 vol 1, pp. 85–95.
9. ERICH HAU., 2006, Wind Turbines; Fundamentals, Technologies, Applications, Economics.Ed. Springer-Verlag, Berlin Heidenberg. 2n Edition.
10. Fiedler A. J., Stephen Tullis., 009, Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine, Wind Engineering Volume 33, N0.3 pp 237–246.
11. Fujisawa N, Shibuya S, 2001, Observations of dynamic stall on Darrieus windturbine bilahs,Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 89.
12. Herlamba S., Indra. 2007. “*Mesin Konversi Energi*”. Surabaya: Unipress.
13. Pusdatin ESDM, 2011, *Indonesia Energy Outlook 2010*. (*Online*) (http://www.esdm.go.id/publikasi/indonesia-energy-outlook/ringkasan-eksekutif/doc_download/1255-ringkasan-eksekutif-indonesia-energy-outlook-2010.html), diakses pada tanggal 7 Oktober 2012).
14. Pusdatin ESDM, 2011, *KIndonesia Energy Outlook 2010 ey Indicator of Indonesia Energy and Mineral Resources*.(*Online*) (www.esdm.go.id/publikasi/statistik/doc_download/487-key-indicator-of-indonesia-energy-and-mineral-resources.html), diakses pada tanggal 27 Mei 2008).
15. Outlook energi indonesia 2011,http://www.bppt.go.id/index.php/unduh/download/467/chk,94dca47a3fd72356e98c9e65ef607405/no_html,1/.
16. Syahrial E, 2011, HANDBOOK of ENERGY & ECONOMIC STATISTICS of INDONESIA (<http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/Handbook%20of%20Energy%20&%20Economic%20Statistics%20of%20Indonesia%20/Handbook%20of%20Energy%20&%20Economic%20Statistics%20ind%202011.pdf>).
17. Afifuddin, Moch. Arif, ST. 2009. Studi Experimental Performansi Sumbu vertikal Wind Turbine (VAWT) Dengan Variasi Desain Turbine (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10597-Paper.pdf>).