

Pengaruh Perubahan Sudut Pitch Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Tingkat Dua Dengan Bilah Profile Modified Naca 0018

Indra Herlamba Siregar¹, Nur Kholis², Aris Anshori³

1,3 Jurusan Teknik Mesin

2 Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

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

E-mail : Indra_adsite2006@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan wilayah potensial untuk memanfaatkan angin sebagai sumber energi, dikarenakan memiliki panjang pantai sepanjang 80.791,42 km dengan kecepatan angin rata-rata dipesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/detik hingga 5 m/detik, diperkirakan total potensi energi angin mencapai 9 GW. Namun hingga saat ini Indonesia hanya memanfaatkan sumber energi angin ini sebesar 1,4 MW dengan teknologi turbin yang digunakan adalah turbin angin horizontal. Berdasarkan 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. Untuk perlu kiranya untuk mengembangkan teknologi turbin angin sumbu vertikal yang tidak dipengaruhi perubahan arah datangnya angin, sehingga kesinambungan produksi energinya diharapkan kontinu. Pada penelitian kali ini digunakan model turbin angin sumbu vertikal Darrieus Tipe-H tingkat dua dengan profil bilah NACA 0018 modified kecepatan angin yang diberikan 3,6 m/s, 4 m/s dan 4,4 m/s, sudut pitch 15⁰, 20⁰, 25⁰, 30⁰, 35⁰, 40⁰ dan 45⁰ dan beban torsi pengereman 0,0124 N.m, 0,0135 N.m dan 0,0174 N.m. Penelitian dilakukan diterowong angin jenis *subsonik open circuit* dengan luas penampang 2025 cm². Hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin angin sumbu vertikal Darrieus Tipe-H yang maksimum diperoleh pada sudut pitch 30⁰ dengan kecepatan angin 4,4 m/s dengan daya yang dihasilkan 0,546 Watt dan koefisien kinerja 10,17 %.

Keywords: Sudut pitch, Turbin Angin Vertikal Tipe H Darrieus tingkat dua, Modified NACA 0018 dan koefisien kinerja

Pendahuluan

Latar Belakang

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. Diseminasi pemanfaatan teknologi energi angin klasik tersebut berlangsung hingga pertengahan abad ke-19, namun menghilang bersamaan dengan meluasnya aplikasi pembangkitan listrik berbahan bakar fosil. Aplikasi teknologi energi angin sebagai alternatif meluas kembali ketika harga bahan bakar minyak melonjak dan dampak yang ditimbulkan dari pemakaian energi fosil sebagai

sumber energi.

Indonesia merupakan wilayah potensial untuk memanfaatkan angin sebagai sumber energi, dikarenakan memiliki panjang pantai sepanjang 80.791,42 km dengan kecepatan angin rata-rata dipesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/detik hingga 5 m/detik, diperkirakan total 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 (Yudha Partomo, 2012).

Teknologi turbin angin yang dikembangkan secara garis besar ada dua yaitu turbin angin sumbu horizontal dan vertikal dengan tingkat efisiensi yang lebih tinggi maka perkembangan turbin angin sumbu horizontal lebih baik daripada turbin angin sumbu vertikal, hingga tahun 2010 kapasitas terpasang dalam sistem konversi energi angin di seluruh Indonesia mencapai 1,4 MW yang tersebar di Pulau Selayar (Sulawesi Utara), Nusa Penida (Bali), Yogyakarta, dan Bangka Belitung.

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), hal ini tidak dijumpai pada turbin angin sumbu vertikal dimana turbin jenis ini Bergeraknya tidak tergantung dari arah angin dan dapat bekerja pada kecepatan angin lebih kecil dari 3,24 m/s.

Secara garis besar turbin angin sumbu vertikal terbagi menjadi dua yaitu turbin angin berbasis drag seperti turbin angin Sovaniaus dan turbin angin berbasis lift seperti Darrieus. Turbin angin tipe H juga merupakan jenis turbin angin Darrieus yang akhir-akhir ini banyak diteliti oleh para peneliti.

Andrzej J. Fiedler dan Stephen Tullis (2009) 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, begitupula sudut pitch bilah yang toe-out menghasilkan efisiensi yang lebih baik daripada sudut pitch bilah nol derajat.

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 rasio antara 2 dan 3.

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 10^0 .

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 efisien tertinggi diperoleh oleh turbin angin dengan jumlah bilah 3 sebesar 0,33 pada tip speed rasio 3,5. Namun untuk putaran rendah dari tip speed rasio 1 sampai dengan 3 jumlah bilah 4 menghasilkan efisiensi turbin yang terbaik.

Marco Raciti Castelli dkk (2012) meneliti pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe-H Darrieus dengan simulasi yang menggunakan metoda perhitungan RANS unsteady dengan jenis bilah yang digunakan adalah NACA 0025. Hasil simulasi memaparkan bahwa untuk kecepatan angin rendah atau tip speed rasio yang kecil menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah bilah akan menaikkan efisiensi turbin, sedangkan pada kecepatan angin yang tinggi kinerja yang terbaik pada turbin dengan jumlah bilah 3.

Herlamba (2012) meneliti pengaruh perubahan sudut pitch yang besar terhadap kinerja low solidity turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe H dengan bilah profile NACA 0018. Hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin yang terbaik pada sudut pitch 15^0 . Semua penelitian terdahulu dilakukan pada turbin angin Darrieus tipe H dengan jumlah tingkat satu dan profil bilah NACA yang asli oleh karena itu peneliti tertarik untuk melihat karakteristik turbin angin Darrieus tipe H tingkat dua dengan profil bilah yang dimodifikasi disalah satu sisi permukaannya.

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:

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

2. **Daya Turbin Angin** adalah energi per satuan waktu yang dapat diekstrak turbin dari udara yang bergerak dengan kecepatan tertentu yang diformulasikan sebagai berikut :

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

3. **Koefisien Kinerja Turbin Angin** adalah suatu nilai yang menunjukkan efisiensi turbin angin dalam mengkonversi potensi daya angin menjadi daya turbin angin yang diformulasikan sebagai berikut :

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

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

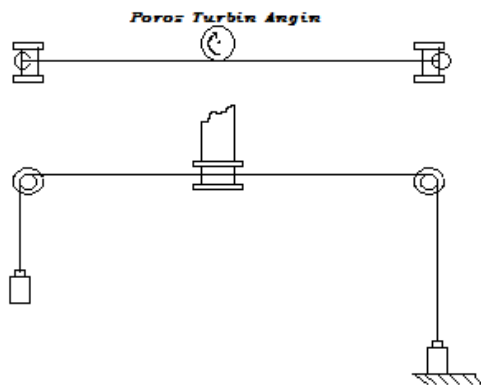
$$\lambda = \frac{\omega R}{U} \dots\dots\dots (4)$$

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

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 variable bebasnya adalah variasi kecepatan angin 3,6 m/s, 4 m/s dan 4,4 m/s, sudut pitch yang terdiri dari 15⁰, 20⁰, 25⁰, 30⁰, 35⁰, 40⁰ dan 45⁰ dan beban torsi pengereman 0,0124 N.m, 0,0135 N.m dan 0,0174 N.m. dengan skema pengereman dapat dilihat pada gambar 1.
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 tingkat 2 dengan jumlah bilah tiap tingkat 3 buah.

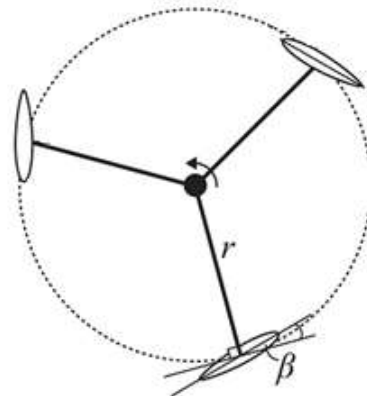


Gambar 1. Skema pengereman tali pada poros turbin angin

Adapun yang dimaksud dengan sudut pitch β adalah sudut antara chord bilah dan garis singgung di titik menempelnya bilah pada holder seperti terlihat pada gambar 2.

Peralatan dan Instrumen Penelitian

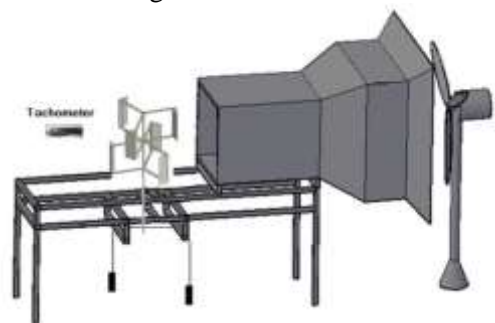
Pengambilan data merupakan suatu proses penting untuk mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah putaran poros turbin angin, kecepatan angin, sudut pitch, beban torsi pengereman. Untuk mendapatkan data-data tersebut diperlukan peralatan dan alat ukur serta prosedur pengujian. Adapun susunan peralatan dan instrumen pada penelitian kali ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Sudut pitch

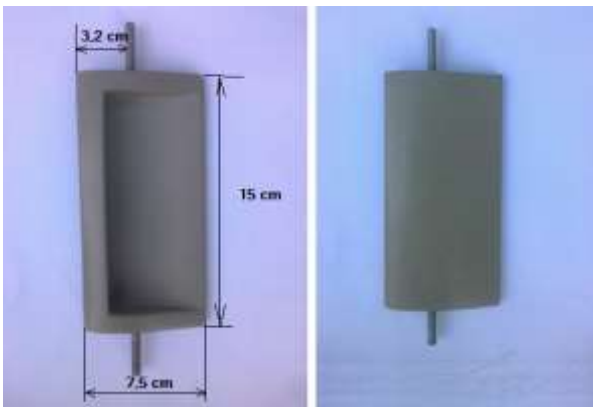
Sedangkan peralatan yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain :

1. Anemometer
Merk : Lutron ABH 4225
Unit : m/S, Km/h, knot
2. Hygrometer
Merk : Hanna Instruments
Unit : % RH dan ⁰C
3. Tachometer
Merk : KRISBOW
Unit : m/min, rpm
4. Terowong Angin tipe sub sonoc open circuit dengan luas penampang 2025 cm².
5. Anak timbangan



Gambar 3. Rangkaian instrumen penelitian

Pada pengujian kali ini bilah yang digunakan NACA 0018 Modified berbahan PVC dengan dimensi panjang chord 7,5 cm dan panjang span 15 cm seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Bilah NACA 0018 Modified dan bilah NACA 0018

Konstruksi benda uji yaitu turbin angin Darrieus tipe H dua tingkat dapat dilihat pada gambar 5, panjang lengan 17,5 cm .

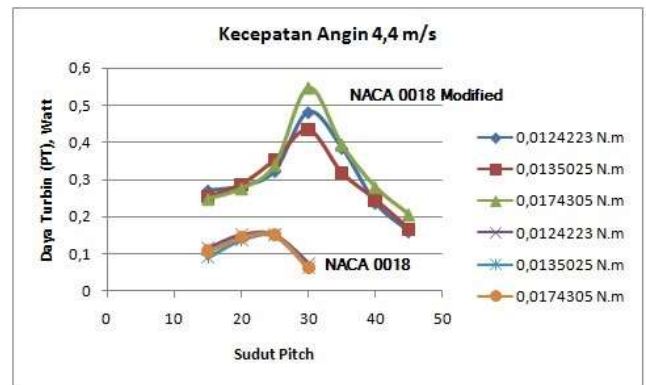


Gambar 5. Bilah NACA 0018 Modified dan bilah NACA 0018

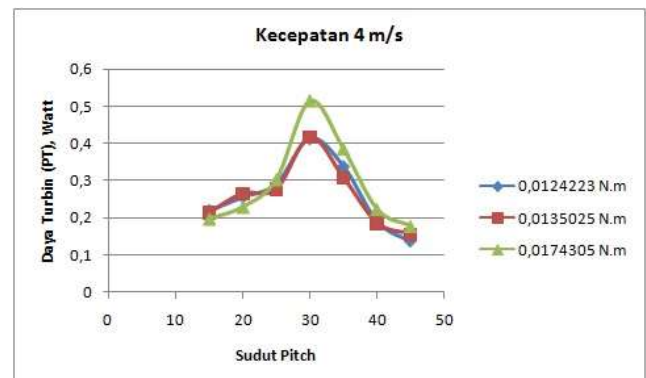
Hasil dan Pembahasan

Daya Turbin Angin

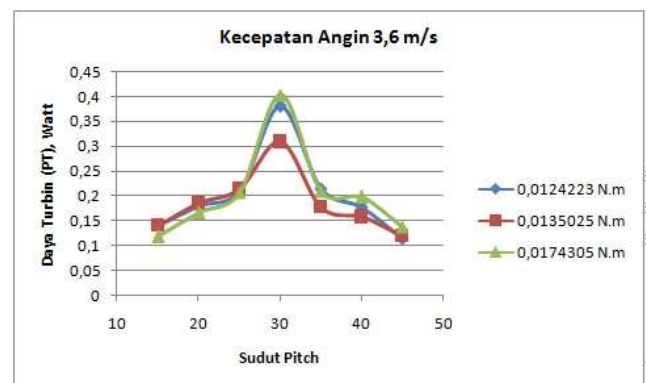
Data hasil pengujian model turbin angin Darrieus tipe H tingkat dua di terowongan angin, kemudian diolah dengan persamaan 2 untuk memperoleh data kuantitatif dari daya turbin angin. Setelah itu hasilnya dipaparkan dalam bentuk grafik mulai dari gambar 6 sampai dengan gambar 8.



Gambar 6. Daya turbin angin terhadap perubahan sudut pitch pada kecepatan angin 4,4 m/s



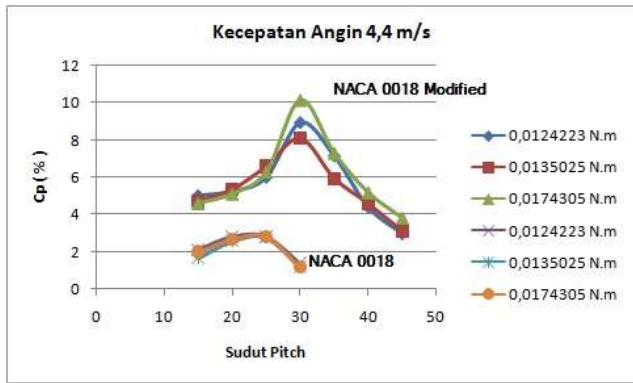
Gambar 7. Daya turbin angin terhadap perubahan sudut pitch pada kecepatan angin 4 m/s



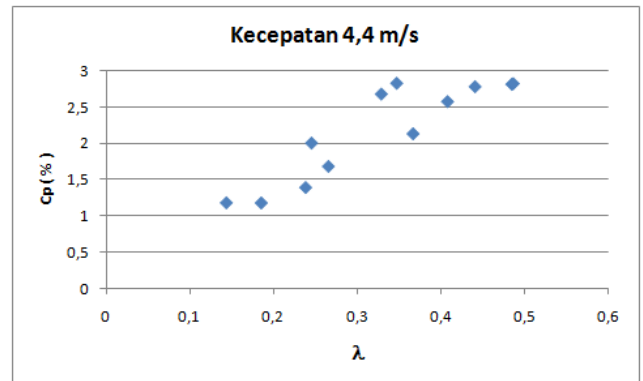
Gambar 8. Daya turbin angin terhadap perubahan sudut pitch pada kecepatan angin 4 m/s

Koefisien Kinerja Turbin Angin (C_p)

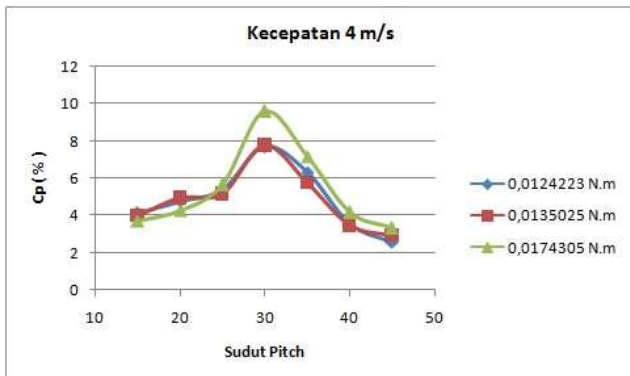
Setelah data hasil pengujian model turbin angin Darrieus tipe H tingkat dua di terowongan angin diolah menjadi daya angin dengan persamaan 1 dan daya turbin angin dengan persamaan 2 maka data kuantitatif koefisien kinerja turbin angin diperoleh dengan menggunakan persamaan 3. Setelah itu hasilnya dipaparkan dalam bentuk grafik mulai dari gambar 9 sampai dengan gambar 11.



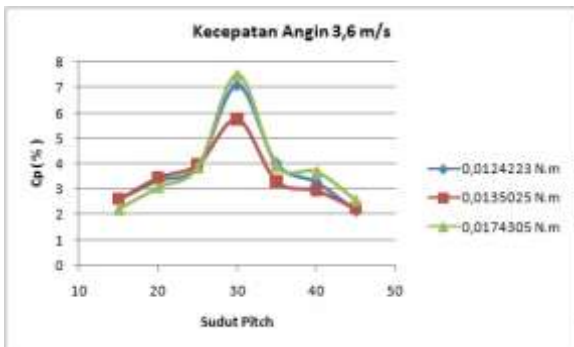
Gambar 9. Koef kinerja (C_p) turbin angin terhadap perubahan sudut pitch pada kecepatan angin 4,4 m/s.



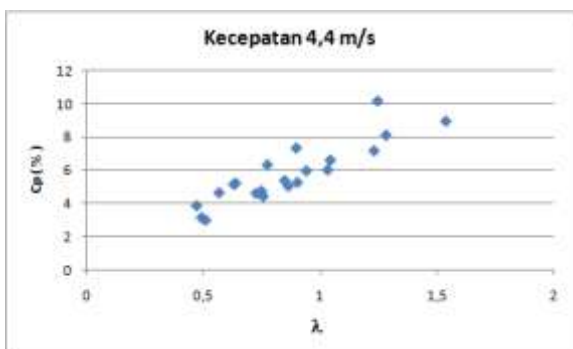
Gambar 13. C_p vs λ NACA 0018



Gambar 10. Koef kinerja (C_p) turbin angin terhadap perubahan sudut pitch pada kecepatan angin 4 m/s.



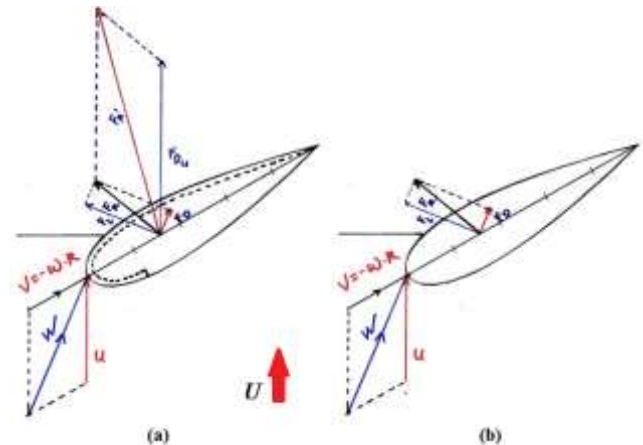
Gambar 11. Koef kinerja (C_p) turbin angin terhadap perubahan sudut pitch pada kecepatan angin 4 m/s.



Gambar 12. C_p vs λ NACA 0018 Modified

Pembahasan

Pada gambar 6 dan 9 terlihat bahwa turbin angin Darrieus tipe H dengan bilah Modifikasi profile NACA 0018 seperti terlihat pada gambar 4 menyebabkan turbin angin darrieus tipe H yang bekerja berdasarkan prinsip gaya lift bertransformasi menjadi turbin angin yang bekerja berdasarkan prinsip gaya drag, Hal ini dapat dilihat dari koefisien kinerja turbin yang meningkat rata-rata 164 % lebih tinggi dari nilai koefisien kinerja turbin angin Darrieus tipe H dengan bilah profile NACA 0018 (lihat gambar 9,12 dan 13) dan gaya-gaya aerodinamik yang bekerja pada bilah seperti terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Gaya aerodinamik yang bekerja pada bilah (a) NACA 00118 modified (b) NACA 0018

Dari paparan gambar 6 sampai dengan gambar 11 terlihat bahwa semakin besar sudut pitch maka daya dan koefisien kinerja turbin angin juga meningkat sampai pada sudut pitch 30° setelah itu daya dan koefisien kinerja turbin angin menurun. Hal ini diduga dengan konfigurasi dua tingkat maka dynamic stall pada umumnya terjadi pada 20° (Ragheb, 2013) mundur, kemudian muncul lagi pada sudut pitch yang lebih besar dari 30° dimana dynamic stall akan memunculkan negatif lift, selain itu sudut pitch yang lebih besar dari 30° diduga menyebabkan vortex di trailing edge pada

daerah downstream lebih cepat terseparasi (Fujisawa, 2001), sehingga hal ini akan menurunkan nilai drag dari turbin angin yang pada akhirnya juga akan menurunkan daya dan koefisien kinerja turbin angin.

Dari gambar 6 sampai dengan 11 terlihat bahwa daya dan koefisien kinerja turbin angin maksimum pada sudut pitch 30^0 dan semakin meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Pada penelitian ini diperoleh daya dan koefisien kinerja turbin angin maksimum pada kecepatan angin 4,4 m/s dan torsi pengereman 0,0174 N.m yang nilainya berturut-turut 0,546 Watt dan 10,17 %.

Dari gambar 12 dan 13 turbin angin Darrieus tipe H pada pada penelitian ini terkategori *low speed wind turbine* yang ditandai dengan nilai λ masimum hanya 1,5.

Kesimpulan

Dari urain diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Modifikasi profile bilah NACA 0018 membuat prinsip kerja turbin angin Darrieus tipe H berbasis lift menjadi drag.
2. Modifikasi profile bilah NACA 0018 mampu meningkatkan kinerja turbin angin sebesar 164 % daripada turbin angin menggunakan profile bilah NACA 0018 standard.
3. Perubahan sudut pitch mempengaruhi kinerja turbin angin berupa daya dan koefisien kinerja dimana untuk semua variasi kecepatan dan torsi pengereman menghasilkan daya dan koefisien kinerja yang masimum pada sudut pitch 30^0 yaitu berturut-turut sebesar 0,546 Watt dan 10,17 %.
4. Kontruksi turbin angin Darrieus tipe H dengan profile bilah NACA 0018 modified terkategori *low speed wind turbine*

Ucapan Terima kasih

Penulis ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Surabaya yang telah mendukung secara finansial penelitian ini dari dana desentralisasi BOPTN 2013 dengan SK Rektor No.171.1/UN38/HK/LT/2013.

Nomenklatur

C	Koefisien
P	Daya (Watt)
S	Luasan Span (m^2)
U	Kecepatan Angin (ms^{-1})
T	Torsi pengereman (N.m)

Greek letters

ω	Kecepatan putar (s^{-1})
λ	Tip speed ratio

Subsripts

T	Turbin
W	Angin
p	Kinerja

Referensi

Andrzej J. Fiedler, Stephen Tullis, Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine, Wind Engineering Volume 33, NO. 3 (2009)

Anonim, Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia,
<http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbaru-kan--renewable-energi/3588--kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah-ubah.html>, (2013)

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, 85–95. (2010)

Fujisawa N, Shibuya S, Observations of dynamic stall on Darrieus windturbine bilahs,Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 89 (2001)

Herlamba Indra, Pengaruh perubahan sudut pitch yang besar terhadap kinerja low solidity turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe H dengan bilah profile NACA 0018, Jurnal Teknik Mesin Otopro, Vol 7 No.2, (2012).

Marco Raciti Castelli, Stefano De Betta and ErnestoBenini, Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darrieus Wind Turbine,World Academy of Science, Engineering and Technology 61 (2012)

Payam Sabaeifard, Haniyeh Razzaghi, Ayat Forouzandeh, Determination of Vertical Axis Wind Turbines Optimal Configuration through CFD Simulations, International Conference on Future Environment and Energi IPCBEE vol.28 (2012)

Radu BOGĂȚEANU, Bogdan DOBRESCU, Ion NILĂ, Aerodynamic performance prediction of Darrieus-type wind turbines, INCAS BULLETIN, Volume 2, Number 2/ 2010, pp. 26 – 32 (2010)

Ragheb, M., Vertical Axis Wind Turbine, <http://mragheb.com/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Vertical%20Axis%20Wind%20Turbines.pdf> (2013)

Ronit K. Singh, M. Rafiuddin Ahmed, 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. (2013)

Yudha Pratomo, Indonesia Pun Bisa Memanen Energi Angin. (Online) (<http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/>) diakses 2 Februari 2013