

STUDI PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT BLADE TERHADAP KARAKTERISTIK ENERGI SHROUDED TURBIN ANGIN

Fredek Weringkukly¹⁾, W.M.Rumaherang²⁾, C.S.E.Tupamahu³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: fweringkukly@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: maxrumaherang72@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: tupamahucendy@gmail.com,

Abstrak Angin termasuk salah satu sumber energy terbarukan dan ramah lingkungan yang berpotensi untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar minyak. Energi angin dapat dikonversikan kedalam bentuk energy listrik atau mekanik dengan menggunakan turbin angin. Parameter-parameter turbin diatas menentukan karakteristik dari kerja turbin. Parameter lain yang juga melukiskan kinerja turbin adalah *tip speed ratio* (TSR), thrust, torsi, daya dan efesiensi Parameter-parameter ini tergantung pada kecepatan angin. Kecepatan angin tersebut dapat dikendalikan pada system turbin angin, dimana kecepatan angin sangat variatif dan tidak konstan sementara system elektrik harus bekerja pada batasan atau syarat-syarat yang sudah ditetapkan. Karena kecepatan angin tidak dapat di kontrol, maka system daerah untuk mengendalikan luas permukaan sapuan angin, atau permukaan kontak aerodinamik antara angin dan permukaan blade. Luas permukaan kontak blade dapat di control melalui control posisi sudut blade terhadap arah angin. Permasalahan dalam penelitian ini adalah berapa nilai sudut kemiringan blade optimal sehingga performance aerodinamik turbin angin dengan shroud mencapai batas maksimal pada berbagai variasi kecepatan angin. Oleh karena penelitian bertujuan untuk menentukan sudut kemiringan sudut blade sehingga performance aerodinamik turbin angin dengan shroud mencapai nilai optimal. Penelitian dilakukan dengan metode perhitungan teoritis dan simulasi aerodinamik berbasis software dengan objek penelitian adalah shrouded wind turbine model dengan diameter = 1 meter. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sudut blade optimal dimana nilai parameter-parameter arodinamik turbin angin dengan shroud diperoleh pada $\beta = 40^{\circ}$.

Kata kunci : *Shrouded wind turbine*, variasi sudut blade, performance aerodinamik

1. PENDAHULUAN

Angin termasuk salah satu sumber energy terbarukan dan ramah lingkungan yang berpotensi untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar minyak. Energi angin dapat dikonversikan ke dalam bentuk energy listrik atau mekanik dengan menggunakan turbin angin. Turbin angin menghasilkan listrik dengan cara mengkonversi energi kinetik pada angin, dan mengubahnya menjadi energi mekanik melalui baling - baling berputar dan memutar generator. Sebuah turbin angin dirancang agar dapat bekerja pada kecepatan angin tertentu. Demikian juga dirancang agar dapat memiliki kecepatan start-up dan cut-in yang serendah mungkin agar dapat menghasilkan listrik pada kecepatan angin yang rendah.

Pitch Blade Control merupakan metode yang dioperasikan ketika kecepatan angin diluar dari nilai rata-rata, dalam situasi ini torsi elektromagnetik tidak cukup untuk mengontrol

kecepatan rotor dengan demikian generator akan overload. Untuk menghindari hal ini, konversi daya turbin angin harus dibatasi dan ini dapat dilakukan dengan mengurangi koefisien daya (C_p) dari wind turbine. Koefisien daya dapat dimanipulasi dengan memvariasikan blade pitch angle.

Ada dua parameter yang mempengaruhi nilai daya, daerah sapuan blade dan kecepatan angina. Oleh karena itu daya output dapat ditingkatkan dengan meningkatkan salah satu dari dua parameter tersebut. Luasan daerah sapuan angin pada perubahan blade tergantung dari posisi blade terhadap arus angin. Semakin besar luasan sapuan angin beda tekanan pada sisi-sisi blade akan sangat besar dan menentukan beberapa variable penting pada kerja turbin, yaitu Tip Speed Ratio (TSR), momen poros dan daya yang dihasilkan oleh turbin.

Dengan memperhatikan uraian diatas maka studi tentang pengaruh posisi kemiringan sudut blade turbin angin yaitu parameter-parameter energy Tip Speed Ratio (TSR), Koefisien Torque (C_q), Koefisien Thrust (C_t), dan Koefisien daya (C_p), merupakan hal penting yang akan melukiskan titik kerja optimal dari pada blade.

Mengingat uraian tentang pentingnya penelitian ini, maka penulis melakukan penelitian skripsi dengan judul : **Studi Pengaruh Kemiringan Blade terhadap karakteristik Energi Shrouded Turbin Angin.**

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental dan simulasi. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya kontrol. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pada kemiringan berapakah sudut blade optimal sehingga performance aerodinamik turbin angin dengan shroud mencapai batas maksimal pada berbagai variasi kecepatan angin, dengan kemiringan sudut blade dari 10^0 , 25^0 , 40^0 , dan 55^0 .

B. Variabel Penelitian

a. Independent Variable (Variabel Bebas)

Independent Variable atau Variabel bebas dalam penelitian ini adalah nilai sudut kemiringan blade yang divariasikan pada sudut $\beta = 0^0$, 10^0 , 25^0 , 40^0 dan 55^0 .

b. Dependent Variable (Variabel Terikat)

Dependent Variable atau Variabel Terikat adalah

1. $y_1 = f(x)$

dimana :

y_1 : Tip Speed Ratio, TSR [-]

x : Sudut β [0]

2. $y_2 = f(x)$

dimana :

y_2 : Koefisien torsi, C_q [-]

x : Sudut β [0]

3. $y_3 = f(x)$

dimana :

y_3 : Koefisien thrust, C_t [-]

x : Sudut β [0]

4. $y_4 = f(x)$

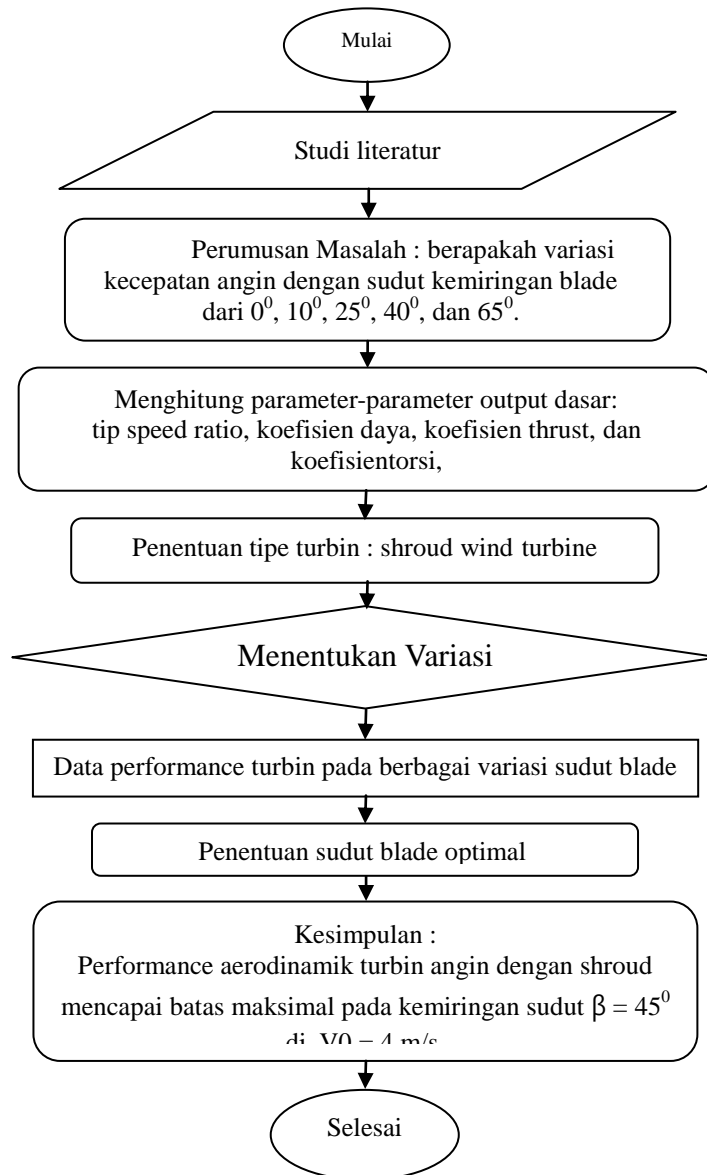
dimana :

y_4 : Koefisien Daya, C_p [-]

x : Sudut β [0]

C. Alur Penelitian

Diagram alir dalam penelitian ini ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

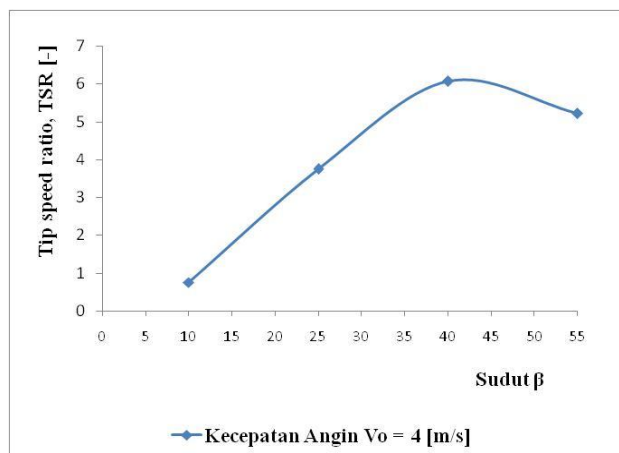
Dalam Penelitian kemiringan Sudut Blade optimal sehingga performance aerodinamik turbin angin dengan shroud mencapai batas maksimal pada berbagai variasi kecepatan angin, dengan kemiringan sudut blade dari 10° , 25° , 40° , dan 55° .

Dari hasil perhitungan hubungan antara Sudut β dengan tip speed ratio, koefisien torque (C_q) koefisien thrust (C_t), dan koefisien daya (C_p) pada kecepatan angin konstan di 4 [m/s], di temukan bahwa :

A. Hubungan antara Sudut β dengan Tip speed ratio (TSR)

Hubungan antara sudut β dengan Tip speed ratio (TSR) pada kecepatan angin Konstan di 4 [m/s] dengan TSR yang dihasilkan dari variasi kemiringan sudut 10° , 25° , 40° , dan 55° . Pada gambar 2 menunjukkan bahwa kecepatan angin konstan di 4 [m/s] pada kemiringan sudut 10°

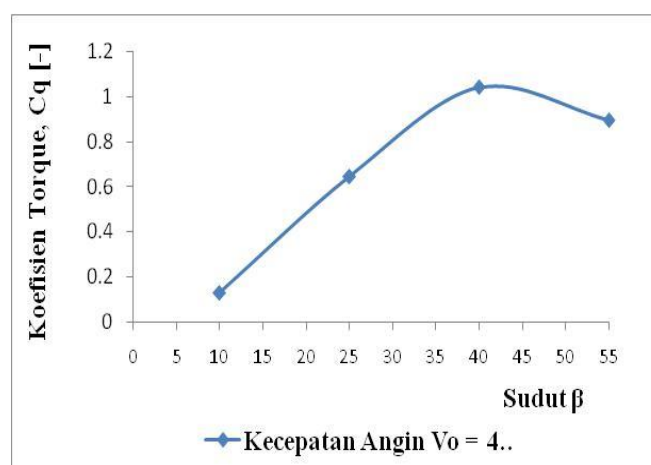
TSR yang dihasilkan adalah (0.7534), pada kemiringan sudut 25° TSR yang dihasilkan adalah (3.7576), pada kemiringan sudut 40° TSR yang dihasilkan adalah (6.0770), dan pada kemiringan sudut 55° TSR yang dihasilkan adalah (5.2205). Dan dari uraian diatas maka diperoleh bahwa titik maksimal *Tip speed ratio* yang dihasilkan berada pada posisi sudut $\beta=40^{\circ}$. Hal ini sesuai dengan gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik hubungan antara sudut β dengan *Tip Speed Ratio* (TSR) pada Variassi kecepatan angin 4 [m/s].

B. Hubungan antara Sudut β dengan koefisien Torque, C_q [-]

Hubungan antara sudut β dengan koefisien Torque (C_q) pada kecepatan angin Konstan di 4 [m/s] dengan koefisien Torque yang dihasilkan dari variasi kemiringan sudut 10° , 25° , 40° , dan 55° . Pada gambar 3 menunjukan bahwa kecepatan angin konstan di 4 [m/s] pada kemiringan sudut 10° koefisien torque yang dihasilkan adalah (0.1289), pada kemiringan sudut 25° koefisien torque yang dihasilkan adalah (0.6427), pada kemiringan sudut 40° koefisien torque yang dihasilkan adalah (1.0394), dan pada kemiringan sudut 55° koefisien torque mengalami penurunan pada (0.8929). Dan dari uraian diatas maka diperoleh bahwa titik maksimal koefisien torque yang dihasilkan berada pada posisi sudut $\beta=40^{\circ}$. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 berikut.

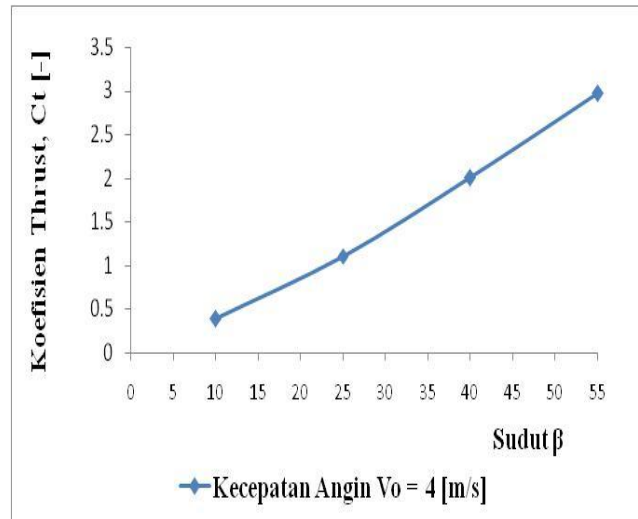


Gambar 3. Grafik hubungan antara sudut β dengan Koefisien Torque (C_q) pada Variassi kecepatan angin 4 [m/s].

C. Hubungan antara Sudut β dengan koefisien Thrust, C_t [-]

Hubungan antara sudut β dengan koefisien thrust (C_t) pada kecepatan angin Konstan di 4 [m/s] dengan koefisien thrust yang dihasilkan dari variasi kemiringan sudut 10° , 25° , 40° , dan

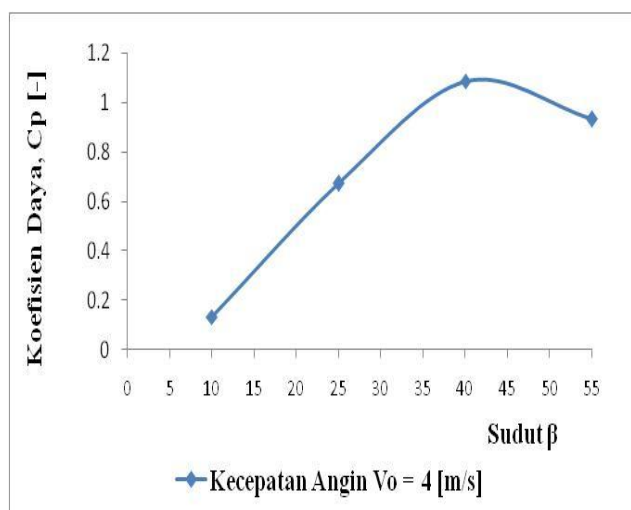
55° . Pada gambar 4 menunjukkan bahwa kecepatan angin konstan di 4 [m/s] pada kemiringan sudut 10° koefisien thrust yang dihasilkan adalah (0.3882), pada kemiringan sudut 25° koefisien thrust yang dihasilkan adalah (1.1056), pada kemiringan sudut 40° koefisien thrust yang dihasilkan adalah (2.0055), dan pada kemiringan sudut 55° koefisien thrust mengalami penurunan pada (2.9734). Dan dari uraian diatas maka diperoleh bahwa kurva koefisien thrust membentuk sebuah garis lurus. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik hubungan antara sudut β dengan Koefisien Thrust [-] pada Variassi kecepatan angin 4 [m/s].

D. Hubungan antara Sudut β dengan Koefisien daya, C_p [-]

Hubungan antara sudut β dengan koefisien daya (C_p) pada kecepatan angin Konstan di 4 [m/s] dengan koefisien daya yang dihasilkan dari variasi kemiringan sudut 10° , 25° , 40° , dan 55° . Pada gambar 5 menunjukkan bahwa kecepatan angin konstan di 4 [m/s] pada kemiringan sudut 10° koefisien daya yang dihasilkan adalah (0.1349), pada kemiringan sudut 25° koefisien daya yang dihasilkan adalah (0.6729), pada kemiringan sudut 40° koefisien daya yang dihasilkan adalah (1.0884), dan pada kemiringan sudut 55° koefisien daya mengalami penurunan pada (0.9349). Dan dari uraian diatas maka diperoleh bahwa titik maksimal koefisien daya yang dihasilkan berada pada posisi sudut $\beta = 40^{\circ}$. Hal ini sesuai dengan gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik hubungan antara sudut β dengan Koefisien Daya pada Variassi kecepatan angin 4 [m/s].

4. SIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

Sudut kemiringan blade dimana performance turbin mencapai nilai optimal yang disebut dengan titik optimal kemiringan sudut blade optimal sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai parameter-parameter energy yaitu *tip speed ratio*, , *koefisien torque*, *koefisien thrust*, *koefisien daya* diperoleh pada sudut kemiringan $\beta = 40^0$.

Pada titik itu nilai teep speed ratio mencapai titik maksimum pada TSR =6.0770. Nilai koefisien torque mencapai titik maksimum pada $C_q = 1.0394$. Nilai koefisien thrust mencapai titik maksimum pada $C_t = 2.0055$. Dan Nilai koefisien daya mencapai titik maksimum pada $C_p = 1.0884$.

DAFTAR PUSTAKA

- Chizfahm, A., Yazdi, E. A., & Egthesad, M. (2018). Dynamic modeling of vortex induced vibration wind turbines. *Renewable Energy*, 121, 632–643. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.038>
- Coriannisaa, C., & Sarip, S. (2021). Pengaruh Jumlah Sudut Terhadap Kinerja Turbin Angin Dengan Poros Vertikal. *TM (Jurnal Teknik Mesin) STTR Cepu*, 1(1), 38–44.
- Forner-Escrig, J., Mondragón, R., Hernández, L., & Palma, R. (2020). Non-linear finite element modelling of light-to-heat energy conversion applied to solar nanofluids. *International Journal of Mechanical Sciences*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.105952>
- Irfandi K., & Djamari, F. X. (2013). Evaluasi Bilah Turbin Angin 500 Watt Dengan Melakukan Pengujian Pada Wind Tunnel Universitas Nurtanio Bandung. *INDEPT*, 3(3), 1–8.
- Ismail, & Arrahman, T. (2017). Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Dengan Kapasitas 3 MW. *Presisi*, 18(1), 10–19.
- Jonkman, J. M., & Matha, D. (2011). Dynamics of offshore floating wind turbines-analysis of three concepts. *Wind Energy*, 14(4), 557–569. <https://doi.org/10.1002/we.442>
- Kim, T., Larsen, T. J., & Yde, A. (2015). Investigation of potential extreme load reduction for a two-bladed upwind turbine with partial pitch. *Wind Energy*, 18(8), 1403–1419. <https://doi.org/10.1002/we.1766>
- Leithead, W., Camciuc, A., Amiri, A. K., & Carroll, J. (2019). The X-Rotor Offshore Wind Turbine Concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1356(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1356/1/012031>
- Maknunah, J., Sari, E. N., & Afandi, T. B. (2021). Perancangan Sistem MPPT Turbin Angin Berbasis Fuzzy. In *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 237–242.
- Masykur, Adre Kurniadi, Maudi Saputra, Murhaban (2021). *Studi numerik Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu Terhadap Performa Turbin Angin Vertikal Tipe Savonius*. P-ISSN : 2477-5029 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar.
- Mediastika, C. E. (2021). *Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan*. Penerbit Andi.
- Mochammad Reno Alifi Sulfahmy. (2017). Pengaruh Sudut Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe H. *Simki-Techsain*, 1(5), 3–10.
- Pambudi, G., & Nananukul, N. (2019). Wind Turbine Site Selection in Indonesia, based on a hierarchical Dual Data Envelopment Analysis model. *Energy Procedia*, 158, 3290–3295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.980>
- Sari, D. P., & Kusumaningrum, W. B. (2014). A Technical Review of Building Integrated Wind Turbine System and a Sample Simulation Model in Central Java, Indonesia. *Energy Procedia*, 47, 29–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.193>
- Sarwanto, A. G., Budiarto, U., & Zakki, A. F. (. (2016). Analisa Efektifitas Wind Turbine umbu Horizontal Dengan Farasi Jmlah Dan Jenis Airfol Sebagai Sumber Energi Listrik Tambahan Pada Fisheries Inspection. *Jurnal Teknik Perkapalan.*, 4(4), 837–846.
- Sifa, A., Casiman, S., & Habib, R. H. (2014). Pengujian Kincir Angin Horizontal Type Di Kawasan Tambak Sebagai Energi Listrik Alternatif Untuk Penerangan. *IRWNS*, 3(2), 166–171.
- Wicaksono, B. A., & Herraprastanti, E. H. (2021). Uji Eksperimen Pengaruh Sudut Sudu Pengaruh terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin. *JTM (Jurnal Teknik Mesin) STTR Cepu*, 1(1), 19–25.

- Wulfilla M. Rumaherang.(2019). Evaluasi Karakteristik Energi Torque konverter berdasarkan pengaruh rasio putaran terhadap koefisien torque dan efisiensi. *ISN:2620-3995*. Prosiding ALE ke-2, Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon.
- Wulfilla M. Rumaherang. (2018). Optimasi Parameter Output dari Turbin Pasang Surut Horisontal dengan Modifikasi Bagian Meridional. Departemen of Mechanical Engineering Universitas Pattimura Ambon, Indonesia