

UNJUK KERJA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL BERDIAMETER 2,6 METER DI GEDUNG C FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU

Tino Ferinando GS¹, Awaludin Martin²
Laboratorium, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
¹ferinandotino@yahoo.co.uk, ²awaludinmartin01@gmail.com

Abstract

Electrical energy needs are increasing and limited fossil energy triggers a rapid development in renewable energy. One of the renewable energy resources is wind turbines. The kinetic energy of the wind can be converted into electrical energy using wind turbines. The purpose of this study is to figure out the performance of horizontal axis wind turbines with 5 inverse taper type blades. Wind turbines located at a height of 19 m above the ground. The power output of generator was measured with load conditions. The load was given for this testing is 10 Ohm Resistor. Data collected from the testing were wind speeds, electrical voltages and rotational speeds. From the test achieved maximum of 49,24 Watt when the wind speed of 8,3 m/s. Wind turbine generator starts generate electrical power at a wind speed of 2 m/s. The maximum achievement of power coefficient of 0,0369 at TSR 0.721.

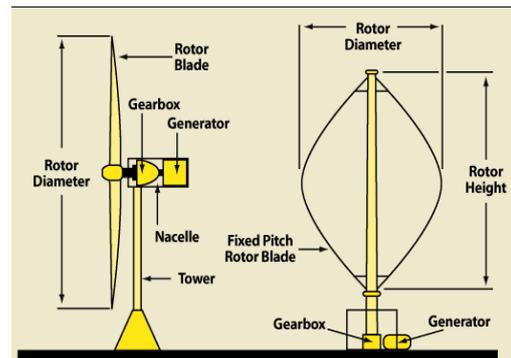
Keywords: Wind turbine, wind speed, electrical voltage, rotational speed, power coefficient

1. Pendahuluan

Seiring peningkatan pembangunan pada bidang teknologi, industri dan komunikasi, kebutuhan akan energi khususnya energi listrik di Indonesia, merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat. Pemakaian listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, terjadi kenaikan pemakaian listrik sebesar 73,82% dalam kurun waktu 8 tahun (2004-2012) [1]. PLTU berbahan bakar fosil merupakan salah satu pembangkit listrik yang berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia, yakni menyumbang listrik sebesar 48% hingga tahun 2011. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus mengakibatkan cadangan bahan bakar fosil di Indonesia terus menipis dan akan habis. Oleh sebab itu penelitian dalam bidang energi terbarukan terus dikembangkan, salah satunya adalah turbin angin. Berdasarkan hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa [2]. Dengan pengembangan lebih lanjut, diharapkan turbin angin dapat menjadi salah satu alternatif terbaik sebagai sumber penghasil energi listrik di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja turbin angin sumbu horizontal dengan tipe bilah *inverse taper*.

Turbin angin adalah sebuah alat yang memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubahnya kedalam bentuk energi gerak putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Berdasarkan sumbu rotornya, turbin angin dibagi menjadi dua yaitu, turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Turbin angin sumbu horizontal dan Turbin angin sumbu vertikal

Turbin angin sumbu horizontal membutuhkan mekanisme *yaw* untuk mengarahkan rotor menghadap arah datangnya angin, sedangkan turbin angin sumbu vertikal tidak membutuhkan mekanisme *yaw* karena mampu menerima angin dari segala arah [3].

Dalam penelitiannya, *An Experimental Study of the Shapes of Rotor for Horizontal-Axis Small Wind Turbines*, Nishizawa membandingkan berbagai jenis bilah dengan panjang *chord* yang berbeda-beda, pada kecepatan angin rendah diperoleh tipe bilah *inverse taper* lebih baik, yakni dengan CP tertinggi dicapai ketika TSR 3 [4].

Velázquez, dkk. Pada tahun 2013 meneliti mengenai perancangan dan pengujian turbin angin 1 MW, memperoleh CP tertinggi pada TSR 8 yaitu 0,42 [5].

Suresh, A dan S Rajakumar pada tahun 2015 melakukan penelitian dengan judul *Design And Experimental Investigation Of Micro Wind Turbine*, dimana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa

daya terbesar yang diperoleh pada penelitian tersebut adalah 7,5 watt yang dicapai pada kecepatan angin 12 m/s [6].

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan I Kade Wiratama, dkk pada tahun 2014 yang melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Jumlah Blade Turbin Angin Terhadap Output Daya Listrik” yang melakukan pengujian turbin angin dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber angin dan menggunakan *wind tunnel* sebagai pengarah serta pemusat angin [7]. Pada penelitian ini pengujian turbin angin dilakukan tanpa menggunakan *wind tunnel* yakni dengan menempatkan turbin angin pada ketinggian 19 meter diatas permukaan tanah yaitu diatas Gedung C Fakultas Teknik Universitas Riau, sehingga pengujian dilakukan dengan karakteristik angin yang terdapat dipekanbaru.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap daya listrik yang dihasilkan. Turbin angin yang diuji adalah turbin angin sumbu horizontal dengan tipe bilah *Inverse Taper* sebanyak 5 bilah yang memiliki jari-jari 1,3 m seperti diperlihatkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Turbin Angin

Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan secara langsung, yang mana pengambilan data didasarkan pada hasil pengujian turbin angin yang terpasang pada ketinggian 4 m diatas

bangunan gedung C Fakultas Teknik Universitas Riau. Pengambilan data dilakukan selama 1 hari, dalam format waktu per detik. Data yang akan diambil, direkam dan disimpan menggunakan data logger berbasis arduino. Adapun data yang diperoleh dari hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan angin
2. Tegangan keluaran generator
3. Kecepatan putaran poros rotor turbin angin

Pengujian turbin angin dilakukan dalam kondisi pembebanan. Beban yang diberikan dalam bentuk hambatan (*Resistor*) 10 Ohm. Besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar konduktor akan berbanding lurus dengan beda potensial (tegangan) yang diterapkan kepadanya [8].

Daya angin merupakan potensi daya yang terkandung pada udara yang bergerak yang diformulasikan sebagai berikut [3]:

$$P = \frac{1}{2} \rho_a A_T V^3 \quad (1)$$

Daya turbin merupakan daya yang dihasilkan oleh turbin angin, pada penelitian ini daya yang diukur berupa daya *output* generator yang diformulasikan sebagai berikut:

$$P_e = v \times I \quad (2)$$

Sehingga daya mekanik turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

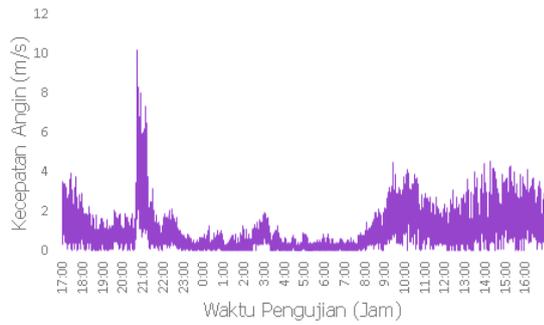
$$P_m = \frac{P_e}{(n_d n_g)} \quad (3)$$

Setelah daya angin dan mekanik turbin angin diketahui maka *Power coefficient* (C_p) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_p = \frac{8P_m}{\pi \rho_a d^2 v^3} \quad (4)$$

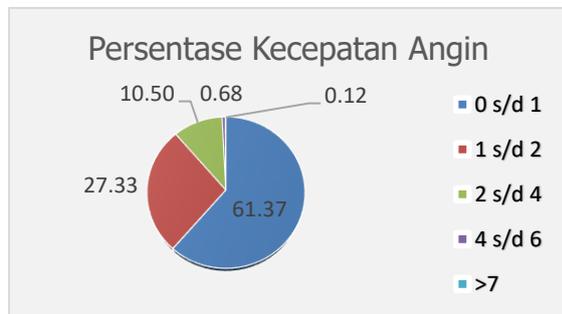
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini ditampilkan dalam bentuk grafik. Kecepatan angin yang diperoleh pada tanggal 21 sampai 22 Desember 2016 sangat bervariasi seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Kecepatan angin tertinggi terjadi pada saat hujan yakni pada pukul 20:33:17 WIB yaitu sebesar 10,2 m/s . Selain kecepatan, arah angin yang terjadi juga bervariasi, hal ini terjadi karena adanya pepohonan disekitar lokasi pengujian.



Gambar 3 Grafik Kecepatan Angin

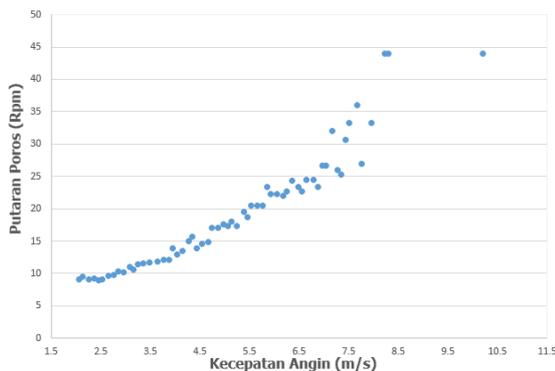
Setelah data diperoleh seperti data yang ditampilkan pada Gambar 3, kemudian diolah dan dikelompokkan berdasarkan kecepatan angin seperti diperlihatkan pada grafik Gambar 4.



Gambar 4 Persentase Kecepatan Angin yang Muncul

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang paling sering muncul adalah diantara 0-1 m/s, namun pada kecepatan ini turbin angin belum mulai berputar dan menghasilkan listrik.

Hubungan antara kecepatan angin dan kecepatan putaran poros diperlihatkan pada Gambar 5 berikut ini.

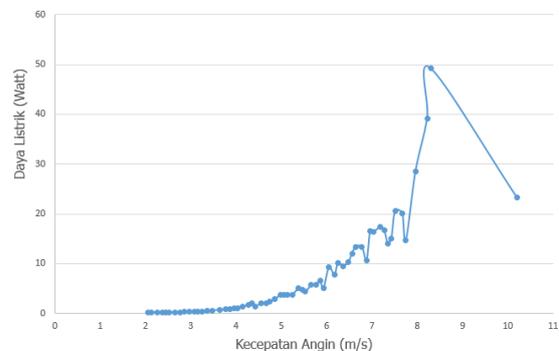


Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran Poros

Putaran ujung bilah pada turbin angin berbanding lurus dengan kecepatan angin [9]. Berdasarkan Gambar 5 diatas, diperoleh kecepatan

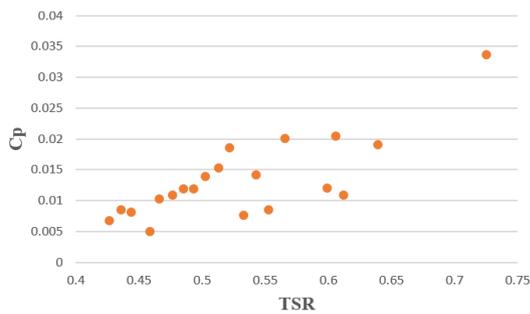
putaran poros tertinggi adalah 44 Rpm yang dicapai pada kecepatan angin 8,3 m/s dan 10,2 m/s. Putaran poros yang sama pada kecepatan angin 10,2, 8,22 dan 8,3 m/s terjadi karena kecepatan angin hanya muncul dalam waktu yang singkat sehingga angin yang diterima oleh sensor anemometer berbeda dengan kecepatan angin yang diterima bilah turbin angin.

Generator mulai menghasilkan daya listrik pada kecepatan angin 2 m/s. Daya listrik tertinggi yang terjadi adalah 49,24 Watt yang dicapai pada kecepatan angin 8,3 m/s seperti diperlihatkan pada Gambar 6. Ketika kecepatan angin 10,2 m/s daya listrik yang dihasilkan menurun, karena ketika kecepatan angin 10,2 m/s turbin angin yang dirancang sudah *furling* sehingga kecepatan yang terbaca oleh sensor anemometer tidak sama dengan yang diterima oleh bilah turbin angin, karena turbin angin tidak menghadap ke arah datangnya angin.



Gambar 6 Hubungan Kecepatan Angin dan Daya Output

Hal yang paling penting dalam penelitian mengenai turbin angin adalah kemampuan bilah turbin angin untuk merubah energi angin menjadi energi mekanik. Kemampuan bilah ini juga dapat dilihat melalui *power coefficient* (C_p). C_p bilah yang diperoleh pada penelitian ini relatif kecil. Faktor utama yang mempengaruhi kecilnya C_p yang diperoleh adalah banyaknya pepohonan yang berada disekitar lokasi pengujian, sehingga arah angin yang terjadi sangat bervariasi dan selalu berubah terhadap waktu. Hal ini mengakibatkan turbin angin selalu berusaha untuk menghadap arah datangnya angin, namun sebelum turbin angin menghadap arah angin, arah angin kemudian berubah. Berbeda halnya dengan sensor kecepatan angin yang digunakan yaitu *cup* anemometer yang mampu menerima angin dari segala arah. Hal inilah yang mengakibatkan rendahnya daya *output* generator, sementara pada pembacaan kecepatan angin tetap tinggi sehingga potensi angin yang tersedia tinggi. C_p berbanding terbalik dengan potensi angin tersedia sehingga C_p yang diperoleh relatif kecil yaitu dengan nilai maksimum adalah 0,369 yang dicapai pada TSR 0,721 seperti diperlihatkan pada grafik Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7 Hubungan Cp dan TSR

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Arah dan kecepatan angin hasil pengujian sangat bervariasi.
2. Turbin angin mulai menghasilkan listrik pada kecepatan angin 2 m/s.
3. Kecepatan angin tertinggi diperoleh pada pukul 20:33:12 WIB, yakni 10,2 m/s.
4. Daya output terbesar diperoleh pada kecepatan angin 8,3 m/s yakni 49,24 Watt.
5. Cp terbaik adalah 0,036 yaitu pada TSR 0,721.

Daftar Pustaka

- [1] PUSDATIN ESDM. 2012. Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia. Jakarta: ESDM
- [2] Gibran, Felly, and Safhire, mohamad. 2015. Simulation of Inverse Taper Wind Turbine Blade and Transmission System for Indonesia Wind Condition. London: 15th Indonesian Scholars International Convention.
- [3] Mathew, Sathyajith. 2006. *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [4] Nishizawa, Yoshifumi. 2011. An Experimental Study of Shapes of Rotor for Horizontal-Axis Small Wind Turbines. International Journal
- [5] Velázquez, Miguel Toledo, Marcelino Vega Del Carmen dan Juan Abugaber Francis. 2013. Design and Experimentation of a 1 MW Horizontal Axis Wind Turbine. Journal of Power and Energy Engineering, 2014, 2, 9-16
- [6] Suresh, A dan S Rajakumar. 2015. Design And Experimental Investigation Of Micro Wind Turbine. International Journal of Advances in Engineering Research e-ISSN: 2231-5152/ p-ISSN: 2454-1796
- [7] Wiratama, I Kade, I Made Mara, Arif Mulyanto, dan Muliadi Hariandady. 2014. Pengaruh Variasi Jumlah Blade Turbin Angin Terhadap Output Daya Listrik. Dinamika Teknik Mesin, Volume 4 No. ISSN: 2088-088X.
- [8] Govindasamy, K. 2010. *Electrical machines and Appliances*. Chennai: Government of Tamilnadu
- [9] Manwell, J.F., J.G. Mc Goan, and A.L. Rogers. 2002. *Wind Energy Explained*. ISBN: 978-0-470-01500-1.