

UJI PERFORMA SISTEM COAXIAL ROTOR TERHADAP GENERATOR TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL

Kurniawan Adi¹, Akhmad Rifqi H¹, Amin Rois², Rochmad Winarso³, Masruki Khabib⁴

^{1,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

²Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

Gondangmanis, PO Box 53, Bae, Kudus 59352

Email: 201554037@std.umk.ac.id

Abstrak

Konsumsi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan masyarakat. Untuk itu diperlukan pengembangan untuk memanfaatkan potensi yang ada di Indonesia, salah satunya energi angin. Turbin angin mesin mengkonversi energi angin menjadi listrik. Namun turbin angin menghasilkan torsi yang kecil dibanding dengan turbin lain, sehingga untuk menghasilkan daya besar dibutuhkan sistem yang dapat mengubah putaran lebih pada generator. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan rotor menjadi sistem coaxial rotor terhadap output generator. Metode yang digunakan yaitu dengan studi literatur, pengkonsepan, pembuatan prototype, pengujian, dan analisa output generator. Sistem 1 di buat dengan tinggi rotor 600mm dan pada sistem 2 di berikan penambahan rotor dengan tinggi 400mm. Turbin diuji dengan 2 variasi kecepatan angin 2,7m/s dan 3,1m/s. Pada sistem 1 generator menghasilkan daya 10,40 μ Watt pada kecepatan angin 2,7 m/s dan daya 12,28 μ Watt pada kecepatan angin 3,1 m/s sedangkan pada sistem 2 generator menghasilkan daya 12,13 μ Watt pada kecepatan angin 2,7 m/s dan daya 17,70 μ Watt pada kecepatan angin 3,1 m/s. Daya pada generator mengalami kenaikan dari sistem 1 ke sistem 2 sebesar 16,63% pada kecepatan angin 2,7 m/s dan 44,14% pada kecepatan angin 3,1 m/s.

Kata kunci: Daya; Generator; Rotor; Turbin Angin

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia sampai tahun 2018 ini masih belum mencukupi. Dikarenakan pemerintah kurang aktif dalam pembangunan infrastruktur penyerap energi sehingga energi yang ada di Indonesia terbuang percuma tanpa ada pengelolaan yang baik. Padahal konsumsi listrik di Indonesia sendiri terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan masyarakat. Dari tahun 2014 konsumsi listrik mencapai 221.296 MWh dan terus meningkat dari tahun ke tahun di mana pada tahun 2015 mencapai 232.250 MWh (ESDM, 2015) Diperlukan pengembangan untuk memanfaatkan potensi yang ada di Indonesia dengan memanfaatkan energi angin.

Energi angin merupakan energi stokastik. Tenaga angin termasuk salah satu dari energi terbarukan yang sangat kompetitif. Daya yang dihasilkan pada angin dapat kita ketahui dengan persamaan 1.

$$Power = \frac{1}{2} \rho A U^3 \quad (\text{Gohil \& Patel, 2014}) \quad (1)$$

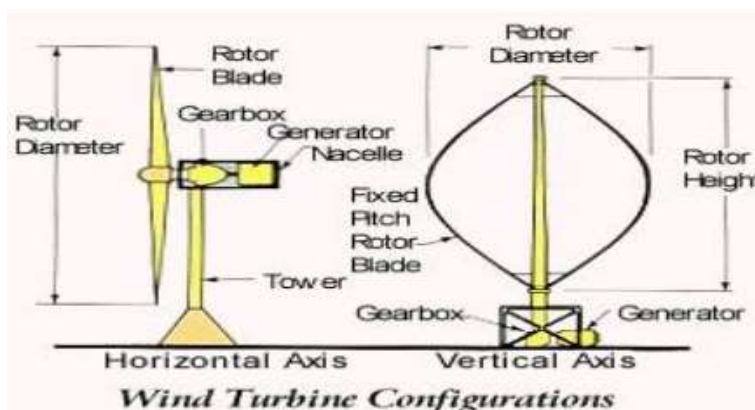
Dimana:

$$\rho = \text{Massa jenis} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$A = \text{Luas penampang} (m^2)$$

$$U = \text{Kecepatan angin} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Turbin angin merupakan alat yang mengkonversi energi angin menjadi listrik. Turbin dikelompokkan menjadi 2 seperti yang terlihat pada Gambar 1. yaitu turbin angin sumbu *vertikal* (TASV) dan turbin angin sumbu *horizontal* (TASH) (Decoste, McKay, Robinson, Whitehead, & Wright, 2005)



Gambar 1. HAWT dan VAWT (Deisadze, dkk 2013)

Kecepatan angin di Indonesia sendiri tergolong rendah yaitu berkisar antara 3 m/s sampai dengan 5 m/s. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan jenis Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV).

TASV mempunyai kelebihan yaitu turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif serta sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. Pengaplikasiannya sangat sesuai untuk angin rendah yang ada di Indonesia. Namun sistem turbin tersebut hanya menghasilkan putaran yang rendah untuk memutar *generator* dan torsi yang kecil untuk memutar *generator*. *Generator* merupakan sebuah perangkat motor listrik yang mengubah energi mekanis menjadi listrik (Putra, 2013). *Generator* terdiri dari strator (bagian yang diam) dan *rotor* (bagian yang bergerak). Strator terdiri dari rangka motor, belitan strator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan *Rotor* terdiri dari komutator, belitan *rotor*, dan kipas *rotor*. Daya *generator* dapat didapatkan dengan persamaan 2.

$$P_g = V \cdot I \quad (\text{Dharma \& Masherni, 2016}) \quad (2)$$

Dimana :

P_g = Daya generator (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Kuat arus listrik (Ampere)

Penelitian dahulu yang telah dilakukan terhadap *generator* oleh penulis (Saputro, 2016) tentang pengaruh putaran *generator* terhadap keluaran *generator*, diketahui voltase tertinggi pada 1150 rpm. Pada penelitian ini *generator* di dengan 5 variasi kecepatan antara 950 - 1150 rpm. Mulai dari 950 rpm, *generator* mampu menghasilkan tegangan 107,4 volt. Dan untuk kecepatan putar 1150 rpm, *generator* mampu menghasilkan keluaran 264,7 volt. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh putaran pada *generator* dapat menghasilkan voltase yang dikeluarkan oleh *generator*.

Pada *generator* dibutuhkan turbin untuk menghasilkan daya turbin yang sama untuk menggerakkan *generator*. Daya turbin merupakan *output* yang berasal dari sebuah turbin. Daya turbin dapat diperoleh pada Persamaan 3:

$$P_T = \omega \cdot T \quad (\text{Dharma \& Masherni, 2016}) \quad (3)$$

Keterangan:

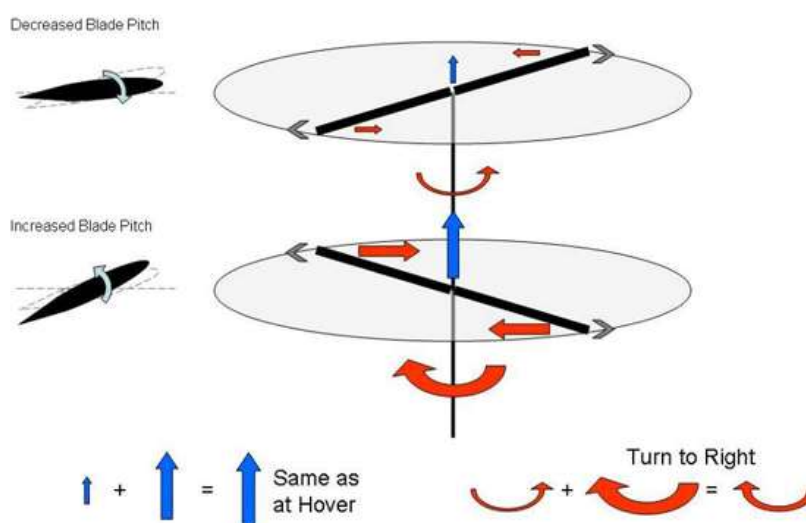
$P_T = \text{Daya turbin (Watt)}$

$\omega = \text{Kecepatan sudut (rad/s)}$

$T = \text{Torsi (Nm)}$

Dapat kita ketahui, untuk menghasilkan daya turbin yang besar dengan torsi yang kecil, maka dibutuhkan sistem yang menghasilkan putaran yang tinggi, salah satunya dengan menggunakan sistem transmisi. Namun penggunaan transmisi menimbulkan kerugian-kerugian tersendiri yang di miliki pada sebuah sistem transmisi.

Coaxial rotor dipakai pada sistem baling-baling pada helikopter, yaitu penambahan *rotor* diatas *rotor* utama yang dipasang pada poros yang konsentris, dengan sumbu putar yang sama namun berputar berlawanan arah (Wikipedia, 2018). Penggunaan sistem ini pada baling-baling helikopter dan dapat menghasilkan gaya angkat yang lebih dibanding satu *rotor*. Dengan sistem tersebut juga dapat mengurangi beban poros dikarenakan torsi dari 2 *rotor* yang saling berlawanan arah. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Coaxial rotor (SimHQ, 2009)

Dengan inovasi Sistem *Coaxial rotor* diharapkan dapat meningkatkan putaran dari sistem *generator* turbin tanpa menambah kerugian daya yang disebabkan oleh penggunaan sistem transmisi.

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan: (1) Bagaimana pengaruh *generator* TASV pada penerapan desain *Coaxial rotor* dibanding TASV tanpa desain *Coaxial rotor*, (2) Berapa daya yang mampu dihasilkan oleh *generator* dengan diterapkannya *Coaxial rotor*, dan (3) Berapa peningkatan daya *generator* TASV dengan diterapkannya *Coaxial rotor*.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengetahui pengaruh terhadap *generator* TASV terhadap penerapan desain *Coaxial rotor* dibanding turbin biasa, (2) Mengetahui daya *generator* yang dihasilkan oleh turbin TASV dengan diterapkannya *Coaxial rotor* dengan turbin biasa (3) Mengetahui peningkatan daya yang dihasilkan dengan dilakukannya penambahan konsep *Coaxial rotor*.

2. METODOLOGI

2.1. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April sampai dengan bulan Juli 2018. Adapun tempat pembuatan dan pengujian di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muria Kudus.

2.2. Parameter Penelitian

Prototype menggunakan sudu type Lenz dengan *Diameter Rotor* 850mm, panjang sudu 119mm, lebar sudu 120mm. Pada sistem 1 tinggi sudu 600mm. Pada sistem *Coaxial rotor* tinggi sudu 1 400 mm dan tinggi sudu 2 600 mm. Di uji dengan 2 variasi kecepatan angin yaitu 2,7 m/s dan 3,1 m/s. Data diambil dari luaran *generator* dari *spool motor* dengan jumlah kutub 8.

2.3. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian untuk pengambilan data sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Prosedur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian

Adapun data hasil pengujian yang telah dilakukan pada turbun angin sumbu vertikal dengan desain *Coaxial rotor* dapat dilihat dalam tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian TASV dengan Coaxial rotor

	Kecepatan angin	Kecepatan putar (rpm)	Voltase generator (mV)	Kuat arus generator (mA)
Sistem 1	2,7 m/s	31,91	32,67	0,32
	3,1 m/s	32,4	33,33	0,37
Sistem 2 (modifikasi)	2,7 m/s	49,57	35,5	0,34
	3,1 m/s	65,43	43,67	0,41

Pada sistem 1 dengan kecepatan angin sebesar 2,7 m/s dan kecepatan putar 31,91 rpm menghasilkan voltase generator 32,67 mV dengan Kuat Arus Generator 0,32 mA. Pada kecepatan 3,1 m/s dan kecepatan putar 32,4 rpm, generator menghasilkan Voltase Generator 33,33 mV dengan Kuat Arus 0,37 mA. Sedangkan pada sistem 2 dengan kecepatan angin 2,7 m/s dan kecepatan putar 49,57 rpm menghasilkan Voltase Generator 35,5 mV dengan Kuat Arus 0,34 mA. Pada kecepatan angin 3,1 m/s dan kecepatan putar 65,43 rpm menghasilkan Voltase Generator 43,67 mV dengan Kuat Arus 0,41 mA.

3.2. Hasil Perhitungan

Berikut merupakan hasil perhitungan dari data pengujian TASV dengan Coaxial rotor yang dapat dilihat pada tabel 2.

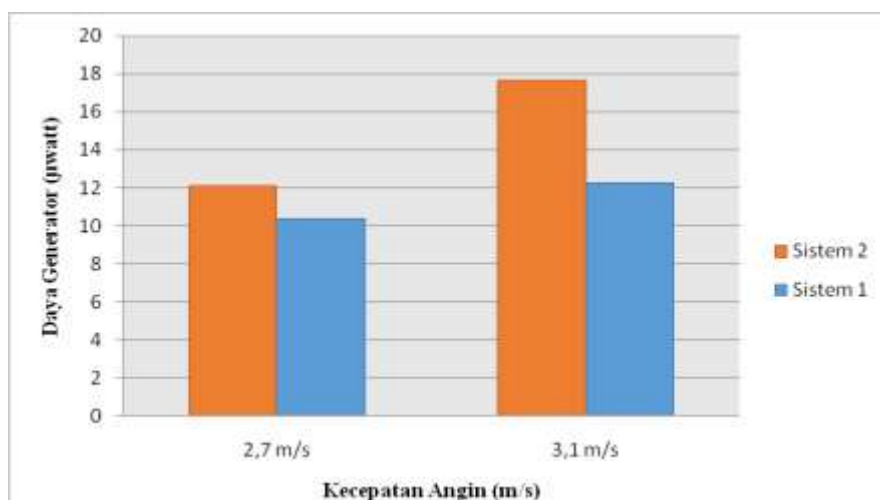
Tabel 2. Hasil Perhitungan Data Pengujian TASV dengan Coaxial rotor

Kecepatan angin (m/s)	Daya Turbin (watt)		Daya Generator (μ watt)	
	Sistem 1	Sistem 2 (Coaxial Rotor)	Sistem 1	Sistem 2 (Coaxial Rotor)
2,7 m/s	0,95	1,27	10,40	12,13
3,1 m/s	1,27	2,21	12,28	17,70

Pada sistem 1 generator menghasilkan daya 10,40 μ Watt pada kecepatan angin 2,7 m/s dan daya 12,28 pada kecepatan angin 3,1 m/s sedangkan pada sistem 2 generator menghasilkan daya 12,13 μ Watt pada kecepatan angin 2,7 m/s dan daya 17,70 μ Watt pada kecepatan angin 3,1 m/s.

3.3. Analisa

Pada grafik di Gambar 4, perubahan penambahan rotor dari sistem 1 ke sistem 2 mengalami peningkatan daya sebesar 16,63 % pada kecepatan angin yang sama yaitu 2,7 m/s, dan 44,14% pada kecepatan angin 3,1 m/s.



Gambar 4. Hasil Perhitungan Data Pengujian TASV dengan Coaxial rotor

Peningkatan daya pada *generator* disebabkan pada sistem turbin sudu menangkap lebih banyak daya angin dan meningkatkan kecepatan putar pada *generator* dengan adanya penambahan *rotor* menjadi sistem *Coaxial Rotor*. Pada perubahan sistem menjadi *Coaxial Rotor*, sudu menerima lebih banyak daya angin. Hal tersebut mempengaruhi kecepatan putar yang di hasilkan oleh *generator*, sehingga voltase dan kuat arus yang dikeluarkan oleh *generator* naik. Dengan naiknya voltase dan kuat arus yang dikeluarkan oleh *generator*, maka daya *generator* ikut naik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- (1) Pada penambahan *rotor* menjadi sistem *coaxial rotor* daya yang ditangkap meningkat, sehingga kecepatan putar, voltase dan kuat arus *generator* meningkat.
- (2) Pada sistem 1 dengan kecepatan angin 2,7 m/s *generator* dapat menghasilkan daya 10,40 μ watt dan pada 3,1 m/s daya yang dihasilkan 12,28 μ watt. Sedangkan pada sistem 2 dengan kecepatan angin 2,7 m/s menghasilkan daya 12,13 μ watt dan pada kecepatan angin 3,1 m/s menghasilkan daya 17,7 μ watt.
- (3) Dengan perubahan dari sistem 1 menjadi sistem 2 (*coaxial rotor*) pada kecepatan angin daya yang dibangkitkan naik 16,63 % dan pada kecepatan angin 3,1 m/s daya yang dibangkitkan naik 44,14 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Decoste, J., McKay, D., Robinson, B., Whitehead, S., & Wright, S. (2005). Vertical Axis Wind Turbine. *Department of Mechanical Engineering Dalhousie University*, 1–77.
- Deisadze, L., Digeser, D., Dunn, C., & Shoikat, D. (2013). Vertical Axis Wind Turbine Evaluation and Design. A Major Qualifying Project Report Submitted to the Faculty of the WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 1–81.
- Dharma, U. S., & Masherni. (2016). Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius, 5(2), 138–148.
- ESDM, D. J. K. K. (2015). *Statistik Ketenagalistrikan 2015*.
- Gohil, H. P., & Patel, P. S. T. (2014). Design procedure for Lenz type vertical axis wind turbine for urban domestic application, 2(03), 1609–1613.
- Saputro, D. A. (2016). *Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Tegangan Dan*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- SimHQ. (2009). DCS: Black Shark and Coaxial Rotor Aerodynamics. Retrieved from http://www.simhq.com/_air13/air_427a.html
- Wikipedia. (2018). Coaxial rotors. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial_rotors