

PENGARUH KELENGKUNGAN SUDU TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS YANG DIHASILKAN TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE U

EFFECT OF THE BLADE CURVATURE TO VOLTAGE AND CURRENT OF SAVONIUS WIND TURBINE TYPE U

Arini Noviaranti¹, Suwandi, M.Si.², A. Qurthobi, M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

arininoviaranti@student.telkomuniversity.ac.id¹ suwandi.sains@gmail.com²

qurthobi@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki letak geografis yang berpotensi tinggi untuk pengembangan sumber energi alternatif seperti energi angin. Energi angin tidak dapat secara langsung berubah menjadi energi listrik. Turbin angin merupakan system yang digunakan untuk mengkonversi energi angin menjadi energi mekanis rotasional. Turbin Angin savonius merupakan salah satu jenis dari turbin angin sumbu vertikal yang dapat berputar pada kondisi kecepatan angin rendah. Turbin ini akan dihubungkan dengan Permanent Magnet Alternator untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat kelengkungan sudu pada kecepatan angin konstan terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan. Turbin dengan variasi tingkat kelengkungan akan diuji pada kecepatan angin 5,08 m/s dan 10,16 m/s. Pada kecepatan angin 5,08 m/s daya listrik dan efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 75 mm dengan nilai 0,07 watt dan 1,64%. Sedangkan pada kecepatan angin 10,16 m/s daya listrik dan efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100mm dengan nilai 0,234 watt dan 0,48%. Kinerja turbin angin dipengaruhi oleh luas penampang dan kecepatan angin. Semakin besar luas penampang maka daya angin yang diterima sudu dan dikonversi menjadi daya mekanik semakin besar. Semakin besar kecepatan angin maka momentum angin yang menumbuk turbin semakin besar dan turbin angin akan berputar lebih kencang.

Kata kunci: Energi angin, Tingkat kelengkungan, Turbin angin savonius

Abstract

Indonesia as an archipelago has a geographical location that has high potential for the development of alternative energy sources such as wind energy. Wind energy cannot be directly transformed into electrical energy. A wind turbine is a system used to convert wind energy into rotational mechanical energy. Savonius wind turbines are one type of vertical axis wind turbines that can rotate at low wind speed conditions. This turbine will be connected to the Permanent Magnet Alternator to produce electrical energy. This study aims to determine the effect of the level of curvature of the blade at a constant wind speed on the current and voltage produced. Turbines with variations in curvature will be tested at wind speeds of 5.08 m / s and 10.16 m / s. At wind speed of 5.08 m / s the highest electric power and efficiency are produced by wind turbines with 75 mm curvature with a value of 0.07 watts and 1.64%. Whereas at 10.16 m / s wind speed electric power and the highest efficiency are produced by wind turbines with a 100mm curvature value of 0.234 watts and 0.48%. The performance of the wind turbine is influenced by the cross-sectional area and wind speed. The greater the cross-sectional area, the wind power received blade and converted to mechanical power is greater. The greater the wind speed, the greater the momentum of the wind that hits the turbine and the wind turbine will spin faster.

Keywords: Wind energy, Level of curvature, Savonius wind turbines

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu kebutuhan manusia yang kebutuhannya berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah penduduk suatu negara dan terus meningkat setiap tahunnya. Seperti kebutuhan energi listrik pada sektor industri yang meningkat 6,6% per tahun [1]. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki letak geografis yang berpotensi mengembangkan sumber energi alternatif seperti tenaga angin [2]. Turbin angin merupakan suatu sistem yang dapat mengkonversi energi mekanis yang terdapat pada angin menjadi energi mekanis rotasional berupa putaran [3].

Penelitian ini menggunakan turbin angin poros vertikal karena menghasilkan torsi besar dengan kecepatan angin yang rendah, desain sederhana dan sudu atau baling-baling turbin bergerak sesuai dengan arah angin [4]. Turbin angin vertikal yang digunakan adalah jenis savonius tipe U karena turbin jenis ini lebih berpotensi digunakan di daerah dengan kecepatan angin yang berubah-ubah. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin angin adalah jumlah sudu, kelengkungan sudu, dan kecepatan angin. Penelitian dengan memodifikasi jumlah sudu pada turbin savonius jenis U yang dilakukan oleh Hicary(2016) diperoleh data bahwa turbin dengan jumlah dua sudu menghasilkan daya keluaran lebih besar dibandingkan dengan jumlah sudu lainnya [5].

Pada penelitian ini dilakukan analisis perbedaan tingkat kelengkungan pada turbin savonius dengan jumlah dua sudu. Untuk mengkonversi energi mekanik turbin menjadi energi listrik maka sistem ini dihubungkan dengan Permanen Magnet Alternator. Energi listrik yang dihasilkan akan dikontrol oleh sistem pengendali untuk merubah arus listrik AC menjadi arus listrik DC. Arus dan tegangan yang dihasilkan akan dideteksi oleh multimeter dan sensor tegangan sedangkan kecepatan angin aktual akan dideteksi oleh anemometer.

DASAR TEORI

Angin merupakan suatu udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan dan perbedaan temperatur. Arah pergerakan angin terjadi dari tempat bertekanan tinggi ketempat bertekanan rendah atau dari tempat yang bertemperatur rendah ke tempat yang bertemperatur tinggi [6]. Energi angin mempunyai kecepatan dinamis sehingga energi angin dapat dikonversikan menjadi energi mekanik (kinetik).

Energi kinetik angin dapat dihitung dengan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Dimana E_k adalah energi kinetik (joule), m adalah massa benda (kg), dan v adalah kecepatan (m/s) Massa udara yang bergerak dalam satuan waktu dengan kerapatan ρ adalah:

$$m = \rho V = \rho Av\Delta t \quad (2)$$

Daya angin dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_a = \frac{1}{2}\rho Av^3 \quad (3)$$

Dimana P_a adalah daya angin (watt), ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3), A adalah area penangkap angin (m^2), dan t adalah waktu (s).

Berdasarkan teori momentum betz daya mekanik turbin yang dihasilkan merupakan selisih energi kinetik angin sebelum dan setelah melewati turbin dengan v_1 = kecepatan angin didepan rotor, v_2 = kecepatan angin saat melewati rotor v_2 = kecepatan angin di belakang rotor [7]

$$P_T = \frac{1}{4}\rho A(v_1 + v_2)(v_1^2 - v_2^2)$$

Faktor daya (c_p) adalah perbandingan antara daya mekanik turbin dengan daya angin sehingga dapat dihitung dengan persamaan:

$$c_p = \frac{P_T}{P_a} = \frac{\frac{1}{4}\rho A(v_1 + v_2)(v_1^2 - v_2^2)}{\frac{1}{2}\rho Av_1^3}$$

METODE PENELITIAN

1. Perangkat dan Alat

Perangkat dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- | | |
|---|------------------------|
| a. Turbin angin savonius U | e. Anemometer LM-8000A |
| b. Permanen Magnet Alternator
3 Phasa 100w | f. Multimeter DT850L |
| c. Sistem Pengendali | g. Tachometer DT-2234C |
| d. Data Logger | h. Sensor tegangan |

2. Pengujian sistem

Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan energi angin didapat dari blower. Setiap turbin angin dengan tingkat kelengkungan sudu tertentu akan diuji didua kecepatan angin dengan masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 5 kali. 1 kali proses pengujian dilakukan selama 1 jam dan dilakukan proses pengambilan data setiap 5 menit. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan tanpa beban, tegangan R 220 ohm, Arus R 220,

Kecepatan angin Sebelum dan sesudah melewati turbin, dan kecepatan putar alternator.

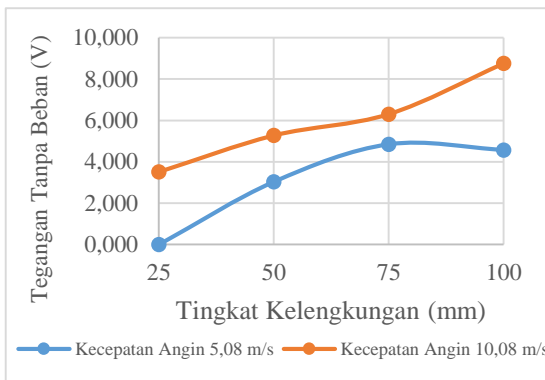


Gambar 1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Savonius

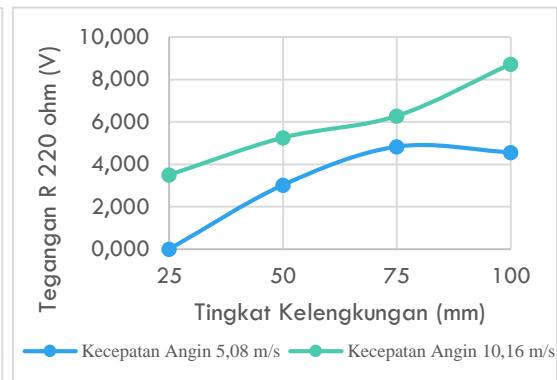
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian didapatkan tegangan dan arus rata-rata dengan variasi tingkat kelengkungan sudu saat kecepatan angin kosntan dan saat kecepatan angin divariasikan

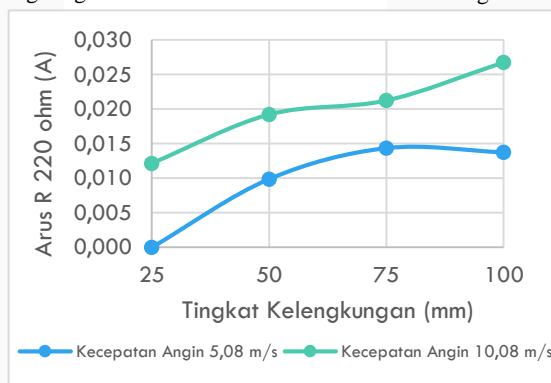
1. Pengujian variasi tingkat kelengkungan terhadap kecepatan angin konstan.



Gambar 2 Grafik Tegangan Tanpa Beban Terhadap Variasi Tingkat Kelengkungan



Gambar 3 Grafik Tegangan R 220 ohm Terhadap Variasi Tingkat Kelengkungan

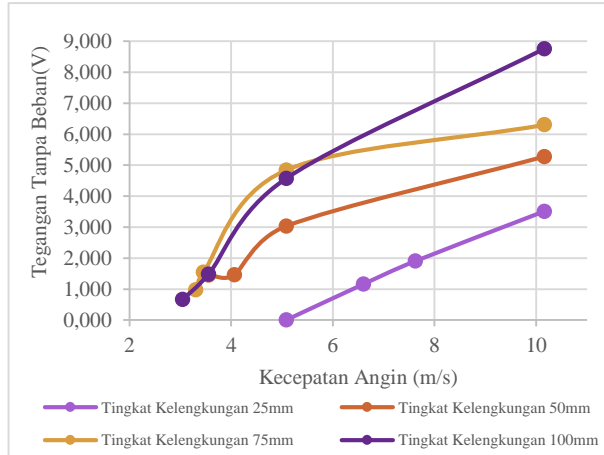


Gambar 4 Grafik Arus R 220 ohm Terhadap Variasi Tingkat Kelengkungan

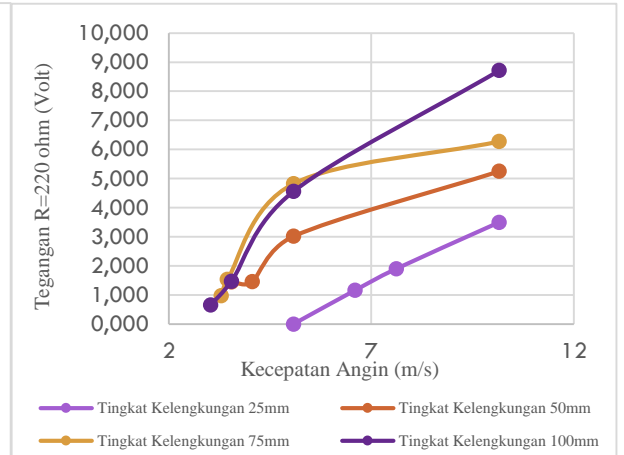
Pada saat kecepatan angin 5,08 m/s turbin dengan tingkat kelengkungan 75mm menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar dibandingkan dengan tingkat kelengkungan yang lain atau dengan tingkat kelengkungan 100 mm yang luas penampangnya lebih besar, pada kondisi ini semakin tinggi tingkat kelengkungan maka massa turbin akan semakin besar dan torsi awal untuk turbin berputar akan semakin besar pula. Semakin besar torsi maka putaran turbin yang sudah terhubung dengan generator akan mengecil sehingga tegangan dan arus pun mengecil. Pada kecepatan angin 5,08 m/s titik optimal didapat oleh turbin dengan tingkat kelengkungan 75 mm. Pada kecepatan angin 10,16 m/s tegangan dan arus terkecil dihasilkan oleh turbin dengan tingkat

kelengkungan 25m, tegangan dan arus terus meningkat setiap kenaikan tingkat kelengkungan turbin. pada kondisi ini semakin tinggi tingkat kelengkungan dan semakin tinggi kecepatan angin maka turbin akan berputar semakin cepat sehingga tegangan dan arus semakin meningkat. Titik optimal dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100mm.

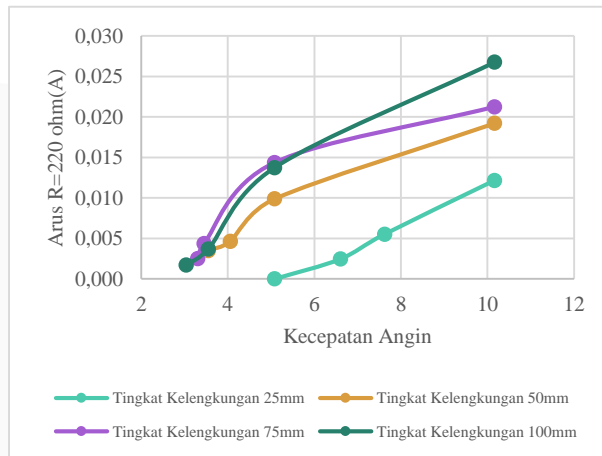
2. Pengujian tingkat kelengkungan sudu konstan terhadap variasi kecepatan angin



Gambar 5 Grafik Tegangan Tanpa Beban Terhadap Variasi Kecepatan Angin



Gambar 6 Grafik Tegangan R 220 ohm Terhadap Variasi Kecepatan Angin



Gambar 7 Grafik Arus R 220 ohm Terhadap Variasi Kecepatan Angin

Dari Gambar 5, 6 dan 7 dapat dilihat bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh setiap turbin berbanding lurus dengan kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin maka momentum angin yang menumbuk turbin semakin besar dan turbin angin akan berputar lebih kencang sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan angin. Dari ke 4 variasi tingkat kelengkungan turbin membutuhkan kecepatan angin minimum yang berbeda beda untuk berputar pertama kali. Turbin dengan tingkat kelengkungan 25 mm berputar pertama kali di kecepatan angin 6,6 m/s dan setelah berputar turbin ini akan tetap berputar hingga kecepatan angin 5,08 m/s. Turbin dengan tingkat kelengkungan 50 mm berputar pertama kali di kecepatan angin 4,06 m/s dan setelah berputar turbin ini akan tetap berputar hingga kecepatan angin 3,55 m/s. Turbin dengan tingkat kelengkungan 75 mm berputar pertama kali di kecepatan angin 3,45 m/s lebih rendah dibandingkan dengan tingkat kelengkungan yang lain dan setelah berputar turbin ini akan tetap berputar hingga kecepatan angin 3,3 m/s. sedangkan turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100 mm berputar pertama kali di kecepatan angin 3,55 m/s dan setelah berputar turbin ini akan tetap berputar hingga kecepatan angin 3,04 m/s lebih rendah dibandingkan dengan tingkat kelengkungan yang lain.

3. Kinerja Turbin Angin Savonius Tipe U Dengan Variasi Tingkat Kelengkungan

Tabel 1 Kinerja Turbin Angin Savonius Pada Kecepatan Angin 5,08 m/s

No	Tingkat Kelengkungan (mm)	n (rpm)	TSR	PA (watt)	PT (watt)	PL (watt)	C _p	η (%)
1	25	0	0,000	6,886	3,443	0,000	0,500	0
2	50	64	0,218	7,665	2,971	0,030	0,388	1,01
3	75	93	0,317	8,852	4,231	0,070	0,478	1,64
4	100	90	0,305	10,388	5,540	0,063	0,533	1,13

Tabel 2 Kinerja Turbin Angin Savonius Pada Kecepatan Angin 10,16m/s

No	Tingkat Kelengkungan (mm)	n (rpm)	TSR	PA (watt)	PT (watt)	PL (watt)	C _p	η (%)
1	25	74	0,125	55,087	31,423	0,043	0,570	0,14
2	50	102	0,174	61,323	34,959	0,101	0,570	0,29
3	75	122	0,207	70,812	40,604	0,134	0,573	0,33
4	100	156	0,266	83,102	49,041	0,234	0,590	0,48

Kinerja turbin angin dipengaruhi oleh luas pemapang dan kecepatan angin. semakin besar luas penampang maka daya angin yang diterima sudu dan dikonversi menjadi daya mekanik semakin besar. Dan Semakin tinggi kecepatan angin maka momentum angin yang menumbuk turbin semakin besar. Nilai c_p terbesar untuk kecepatan angin 5,08 m/s dan 10,16 m/s dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100 mm berturut turut dengan nilai 0,533 dan 0,590 . Hal ini menunjukkan bahwa turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100 mm dapat mengkonversi energi angin menjadi energi mekanik lebih maksimal dibandingkan dengan turbin angin yang lain yaitu 25 mm, 50 mm dan 75 mm. Nilai efficiency (η) pada kecepatan angin 5,08 m/s tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 75 mm dengan nilai 1,64. Hal ini menunjukkan bahwa pada pada kecepatan angin 5,08 m/s turbin angin dengan tingkat kelengkungan 75 mm mampu mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan lebih maksimal dibandingkan dengan tingkat kelengkungan yang lain. Sedangkan pada kecepatan angin 10,16 m/s efficiency (η) tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100 mm dengan nilai 0,48. Hal ini menunjukkan bahwa pada pada kecepatan angin 10,16 m/s turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100 mm mampu mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan lebih maksimal dibandingkan dengan tingkat kelengkungan yang lain.

KESIMPULAN

1. Tingkat kelengkungan sudu turbin mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan walaupun turbin angin bekerja pada kecepatan angin yang sama. Hal ini dipengaruhi oleh massa dan luas penampang turbin. semakin tinggi tingkat kelengkungan turbin luas penampang turbin semakin besar dan daya angin yang diterima turbin semakin besar dan turbin dapat berputar lebih kencang. Putaran turbin berbanding lurus dengan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh alternator. Semakin cepat turbin berputar maka arus dan tegangan yang dihasilkan alternator akan semakin besar. Pada kecepatan angin 5,08 m/s tegangan tanpa beban, tegangan R 220 dan arus R 220 tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 75 mm dengan nilai 4,843V, 4,826V dan 0,014A, efficiency (η) tertinggi juga dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 75 mm dengan nilai sebesar 1,64. Sedangkan pada kecepatan angin 10,16 m/s tegangan tanpa beban, tegangan R 220 dan arus R 220 tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan tingkat kelengkungan 100 mm dengan nilai 8,756V, 8,720V dan 0,027A. efficiency (η) tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan tingkat kelengkungan 100 mm dengan nilai sebesar 0,48.
2. Kinerja turbin angin juga dipengaruhi oleh variasi kecepatan angin, semakin tinggi kecepatan angin maka momentum angin yang menumbuk turbin semakin besar dan turbin angin akan berputar lebih kencang sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan angin. semua turbin dengan variasi tingkat kelengkungan menghasilkan arus dan tegangan yang berbanding lurus dengan kecepatan

angin, semakin tinggi kecepatan angin maka tegangan dan arus yang dihasilkan akan semakin besar.

References

- [1] S. Nugraha, Outlook Energi Indonesia 2015, Jakarta: SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL, 2016.
- [2] Muhamad Iqbal et all, "Pembuatan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berkapasitas 100 Watt".
- [3] Archie W.Culp,Jr. , Ir Darwin Sitompul M.eng, Prinsip Prinsip Konversi Energi, Penerbit Erlangga, 1985.
- [4] M. Latif, "Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah," *Rekayasa Elektrika*, vol. 10 No 3, 2013.
- [5] Hicary, "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Terhadap Tegangan Dan Arus Di Dalam Proses Pengisian Akumulator," *e-Proceeding of Engineering* , vol. 3 No 3, 2016.
- [6] Bayu Mahendra et all, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Tipe L".
- [7] M. L. Dewi, "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin Angin," 2010.