

PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE *TRIPLE-STAGE SAVONIUS* DENGAN POROS GANDA

Chamdani Irwan Saputra^{*)}, Cecep E. Rustana, Hadi Nasbey

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta
Jalan Pemuda 10, Rawamangun, Jakarta Timur 13220

^{*)}chamdan.is@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan pengembangan turbin angin sumbu vertikal tipe *triple stage savonius* dengan poros ganda. Turbin tipe ini merupakan turbin vertikal yang memanfaatkan gaya *drag* (gaya hambat) dan dapat berputar pada kecepatan angin rendah. Turbin ini menggunakan sistem transmisi *pulley* dan *belt*. Tujuan dari penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan nilai efisiensi yang dihasilkan dari turbin angin sumbu vertikal tipe *triple-stage savonius*. Turbin dirancang dengan membuat enam buah rotor dengan tiga buah rotor tiap poros. Bahan pembuatan rotor menggunakan pipa paralon pvc dengan dimensi masing-masing rotor berdiameter 20 cm dan tinggi tiap rotor 19 cm. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, dengan pengukuran langsung skala laboratorium menggunakan perangkat *wind tunnel* sebagai sumber anginnya. Dari data hasil pengujian pada susunan sudut rotor 0°, turbin ini mampu menghasilkan daya output sebesar 0.239 watt dengan efisiensi sebesar 2.17 %.

Kata Kunci: angin, turbin savonius, pulley, belt, poros ganda, efisiensi

ABSTRACT

This research is the development of vertical axis wind turbines savonius type of triple stage with double shaft. This type of turbine is a vertical turbine that utilizes the drag force and can rotate at low wind speeds. This turbine uses pulley and belt transmission system. The aim of this study is expected to increase the efficiency of the resulting value of vertical axis wind turbines of type triple - stage savonius. The turbine is designed to make six rotor with three rotor of each shaft. Materials for rotor using the pipe pvc with dimensions of each rotor diameter of 20 cm and a height of each rotor is 19 cm. The research method used was experimental , with direct measurements using a laboratory scale wind tunnel device as the source of the wind. From the test results of rotor arrangement with angel 0° , this turbine is able to produce a power output of 0.239 watt with efficiency at 2.17%.

Keywords: wind, savonius turbine, pulley, belt, double shaft, efficiency

1. Pendahuluan

Pemenuhan energi listrik untuk berbagai kebutuhan saat ini dirasakan masih sangat tergantung pada sumber daya energi tak terbarukan yang relatif semakin terbatas. Kondisi sumber daya energi yang sebagian besar tidak dapat diperbaharui, terutama minyak bumi, semakin lama semakin terbatas.

Dengan kebutuhan akan energi listrik yang terus menerus bertambah seiring kemajuan peradaban dan bertambahnya jumlah manusia serta berkurangnya tingkat pemenuhan dan ketersediaan sumber energi tak terbarukan, maka sangat diperlukan sumber daya energi terbarukan yang mampu memenuhi kebutuhan energi tersebut dengan lebih ramah lingkungan. Salah satu energi alam yang dapat kita manfaatkan adalah energi angin yang mudah kita dapatkan dan berlangsung secara terus menerus. Energi ini merupakan energi

yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan.

Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. Pemanfaatan energi angin ini, selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi sistem pertanian, yang pada gilirannya akan meningkatkan produktifitas masyarakat pertanian.

Salah satu pemanfaatan energi angin adalah dengan penggunaan turbin angin. Berbagai macam

bentuk desain turbin angin sebagai sumber energi alternatif sudah ditemukan sejak lama. Namun dalam pengembangannya, tetaplal memerlukan investasi yang cukup besar. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alternatif dalam pengembangan turbin angin agar dapat dimaanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat tanpa mengeluarkan biaya besar, yaitu salah satunya dengan penggunaan barang-barang sederhana dan mudah dijumpai di sekitar kita. Tujuan penelitian ini yaitu membuat prototipe turbin angin sederhana, serta mempelajari pengaruh jumlah poros serta susunan sudut turbin terhadap *daya output* dan tingkat efektifnya dalam menghasilkan energi listrik. Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah mengembangkan model pembangkit listrik tenaga angin sederhana yang murah dan bersifat ramah lingkungan serta diharapkan pada penelitian ini dapat dijadikan sebagai model pembelajaran berbasis riset ataupun sebagai tambahan referensi ilmiah terkait pengembangan turbin angin.

Turbin angin adalah sebuah alat yang dapat mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik atau energi mekanik. Angin digunakan untuk memutar *blade*, yang mana ketika berputar maka akan menghasilkan energi. Salah satu jenis turbin angin sederhana ialah turbin angin savonius. Turbin ini merupakan jenis turbin angin sumbu vertikal dan tidak terpengaruh oleh arah angin sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah.

Secara umum, turbin angin akan berputar sesuai besarnya kecepatan angin yang diberikan dan luas sapuan rotor yang digunakan sehingga daya yang dapat dibangkitkan oleh angin adalah,

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

dengan

P_w = daya input angin (Watt)

ρ = densitas udara (Kg/m³)

A = luas sapuan rotor (m²)

v = kecepatan angin (m/s)

Namun pada kenyataannya, energi kinetik angin yang dimiliki angin tidak seluruhnya dapat dikonversikan menjadi energi mekanik. Ada banyak energi yang hilang karena kerugian gesekan dan kerugian pada transmisi mekanik rotor ke generator sehingga efesiensi turbin yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh besarnya daya keluaran dari generator yang digunakan.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

dengan

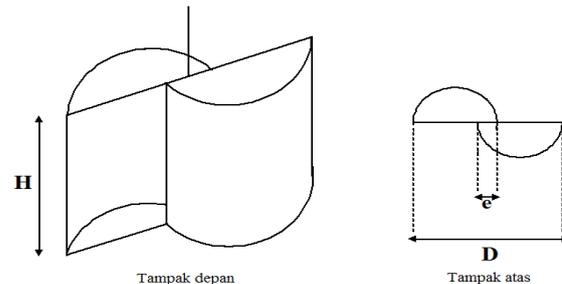
η = efesiensi (%)

P_{in} = daya input angin (Watt)

P_{out} = daya output generator (Watt)

2. Metode Penelitian

Tahap awal yang dilakukan adalah dengan merancang enam buah rotor savonius yang dimensinya dibuat sama yaitu dengan diameter 20 cm, tinggi 19 cm dan jarak celah sudu 3 cm. Bahan yang digunakan untuk membuat rotor adalah pipa paralon pvc yang dibelah menjadi dua buah sudu setengah silinder.



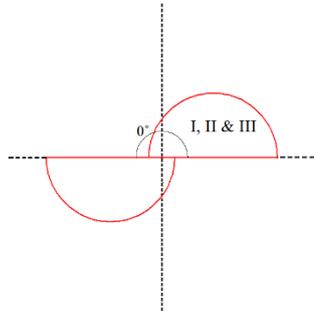
Gambar 1. Desain rotor

Tahap berikutnya adalah membuat kerangka menara turbin dan menyusun skema alat penelitian untuk menguji turbin yang telah dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Ukuran menara turbin disesuaikan dengan dimensi keenam rotor savonius yang telah dibuat. Menara didesain dengan bahan dari kayu balok yang ukurannya disesuaikan dan kemudian disambungkan satu sama lain menggunakan mur, baut dan paku. Kemudian dipasang dua baut ulir ukuran 6 mm sepanjang 1 m yang berfungsi sebagai poros turbin serta diberi 3 buah *bearing* di bagian atas, tengah dan bawah agar turbin dapat berputar ketika menerima hembusan angin. Generator yang digunakan adalah dinamo DC dengan tegangan *output* 24 volt dan putaran optimal 2400 rpm. Generator dihubungkan dengan poros turbin menggunakan sistem *pulley* dan *belt*. Sumber angin yang digunakan dengan perangkat *wind tunnel* yang diatur kecepatannya menggunakan *voltage regulator*. Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer dengan besar kecepatan angin maksimum yang terukur sebesar 10 m/s.

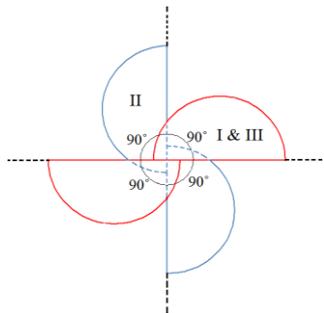
Pada pengujiannya, keenam rotor disusun bertingkat dengan 3 rotor pada tiap poros dan kemudian divariasikan susunan sudut antar rotor untuk dipelajari pengaruhnya terhadap daya *output* yang dihasilkan. Variasi susunan sudut yang digunakan pada pengujian ini adalah sudut 0° (sejajar), 90° dan 120°. Pada gambar 2 menunjukkan ketiga rotor yang disusun dengan sudut 0° sehingga ketiga rotor akan sejajar satu sama lain. Pada gambar 3 menunjukkan masing-masing rotor yang disusun membentuk sudut 90°

satu sama lain, sehingga rotor I sejajar dengan rotor III. Sedangkan pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa tidak ada satupun rotor yang sejajar satu sama lain ketika ketiga rotor disusun membentuk sudut 120°

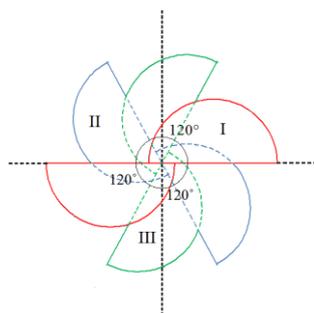
Pengambilan data yang dilakukan adalah dengan mengukur tegangan secara manual menggunakan multimeter digital yang disusun secara paralel dan mengukur arus disusun secara seri dengan menggunakan beban resistor 22Ω .



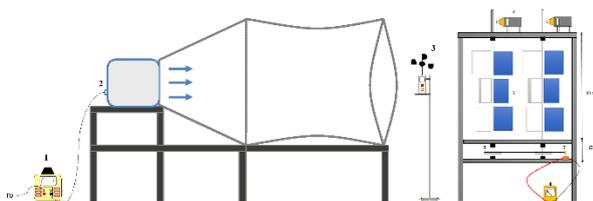
Gambar 2. Sketsa Susunan Sudut 0°



Gambar 3. Sketsa Susunan Sudut 90°



Gambar 4. Sketsa Susunan Sudut 120°



Gambar 5. Skema alat uji turbin

Keterangan Gambar 5:

1. Voltage regulator $240 V_{AC}$
2. Blower
3. Anemometer
4. Tachometer digital
5. 6 buah rotor savonius
6. 2 Pulley
7. Dinamo $24 V_{DC}$
8. Multimeter digital

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang telah diperoleh dari penelitian ini adalah data hasil pengujian daya output pada susunan sudut rotor 0° .

Tabel 1. Hasil pengujian daya output susunan sudut 0°

Vangin (m/s)	V out (volt)	I out (mA)	RPM	P out (watt)
6.3	0.258	6.272	78.2	0.001618
7.2	1.151	24.228	111.9	0.027886
8	1.826	53.25	154.3	0.097234
8.8	1.848	70.88	179.7	0.130986
9.3	2.087	83.06	212.1	0.173346
9.7	2.28	88.85	288.5	0.202578
9.8	2.396	95.69	301.7	0.229273
10	2.444	97.92	343.1	0.239316

Tabel 2. Tingkat efisiensi dari susunan sudut 0°

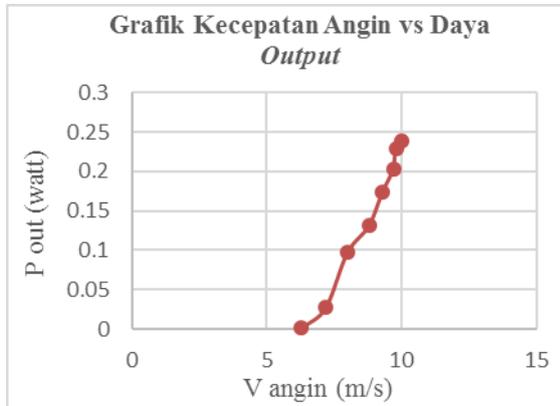
Vangin (m/s)	P in max (watt)	P out (watt)	η (Efisiensi) Turbin
6.3	31.4271	0.001618	0.1268034
7.2	46.91167	0.027886	0.4695589
8	64.35072	0.097234	1.0374221
8.8	85.65080	0.130986	1.2082691
9.3	101.0956	0.173346	1.4158709
9.7	114.7093	0.202578	1.8156325
9.8	118.2937	0.229273	1.9829125
10	125.685	0.239316	2.1718610

Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa daya output yang diperoleh mengalami peningkatan dan berbanding lurus dengan besarnya kecepatan angin yang diberikan. Hal ini dikarenakan semakin besar kecepatan angin maka semakin cepat pula turbin untuk berputar sehingga daya output yang dihasilkan dinamo pun semakin besar.

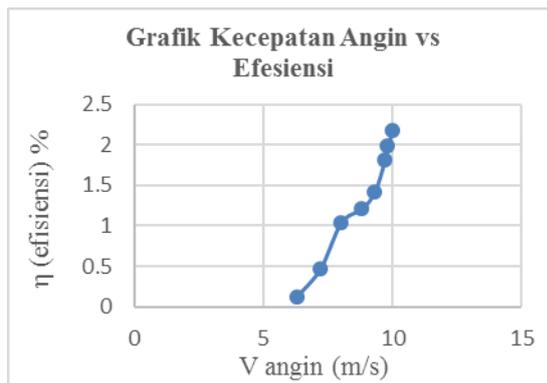
Sementara pada Tabel 2 dapat dilihat juga bahwa peningkatan kecepatan angin menghasilkan nilai efisiensi turbin yang semakin besar pula. Berdasarkan tabel kita dapat melihat nilai efisiensi turbin terbesar dihasilkan saat kecepatan angin sebesar 10 m/s, yaitu 2.17 %.

Namun penulis masih mengharapkan nilai efisiensi yang dihasilkan lebih besar pada variasi

sudut lainnya, yaitu sudut 90° dan 120° . Selain itu, sistem transmisi yang digunakan masih dirasa kurang baik. Untuk itu, penulis akan melanjutkan penelitian dengan menggunakan parameter yang bervariasi dan perbaikan sistem transmisi dengan harapan dapat meningkatkan nilai efisiensi turbin.



Gambar 6. Grafik Kecepatan Angin vs Daya Output



Gambar 7. Grafik Kecepatan Angin vs Efisiensi

4. Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa rotor dengan susunan sudut 0° mampu menghasilkan daya output sebesar 0.239 watt dengan efisiensi sebesar 2.17 %.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Cecep E.Rustana, Ph.D dan Hadi Nasbey, M.Si atas semua bimbingan dan diskusi selama penelitian, serta Laboran dan seluruh rekan-rekan Laboratorium Energi Baru Terbarukan dan Laboratorium Mekanik Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta

Daftar Acuan

- [1] G. Bergeles, and S.N. Athanassiadi, "On the Flow Field Around a Savonius Rotor". *Wind Engineering*, 1982, Vol. 6, No. 3, pp 140 - 148, Multi-science publishing company.
- [2] Burton, Tony, dkk. 2001. *Wind Energy Handbook*. Chichester : John Wiley & Sons.
- [3] Daryanto, Y., 2007. "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- [4] David A.Spera, *Wind Turbine Technology Fundamental Concepts in Wind Turbine Engineering, Second Edition*, 2009
- [5] W. Tong, *Wind Power Generation and Wind Turbine Design* (WIT, 2010) BBS
- [6] Shepherd W., Zhang L., *Electricity Generation using Wind Power*, World scientific (2011)
- [7] Wagito. 2012. *Pengaruh Panjang dan Jumlah Baling-baling Terhadap Efisiensi Daya Listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Tesis. Bandung: ITB.
- [8] Suharmanto, Puji. 2012. "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Pada HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) Diameter 1,6 Meter di FMIPA UNJ". Skripsi, Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta : Jakarta.
- [9] Nugroho, Fitrianto. 2013. "Prototipe Model Turbin Air Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Tenaga Air". Skripsi, Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta : Jakarta.
- [10] Harsanto, Tedy. 2014. "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Triple-Stage Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin". Skripsi, Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta : Jakarta.