

PENGGUNAAN BENTUK SUDU SETENGAH SILINDER ELLIPTIK UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI TURBIN SAVONIUS

Muhammad Irsyad¹

¹ Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

Keywords :

*Turbin Angin Savonius
Sudu Elliptik
Koefisien Drag*

Abstract :

Turbin angin poros vertikal rotor tipe savonius mampu bekerja optimum pada kecepatan angin yang rendah sehingga sesuai dengan kondisi di Indonesia. Secara umum turbin angin savonius hanya memanfaatkan drag force dari angin. Sudu turbin dengan bentuk potongan silinder eliptik, menghasilkan koefisien drag pada sisi cembung lebih kecil dibandingkan dengan sisi cekung. Bertambahnya rasio L/D memperbesar perbedaan antara koefisien drag sisi cekung dan cembung. Pada penelitian ini turbin angin Savonius yang digunakan berbentuk potongan silinder eliptik dengan rasio L/D sebesar 1/1, 1.25, 1.5/1, 1.75/1, 2/1. Dipasang pada wind tunnel dengan kecepatan udara 5 dan 6 m/s. Berdasarkan hasil pengujian dengan variasi penggunaan sudu pada turbin angin savonius diperoleh beberapa kesimpulan kenaikan rasio L/D sudu, meningkatkan kecepatan putaran, torsi, daya, dan efisiensi turbin Savonius. Kenaikan terbesar pada rasio L/D 2:1, dimana besar kenaikan kecepatan putaran 27.88%, torsi sebesar 4.8%, daya sebesar 34 % dan efisiensi sebesar 34,6 %.

PENDAHULUAN

Angin merupakan salah satu sumber energi yang tersedia di bumi yang jumlahnya sangat banyak dan tidak akan pernah habis walaupun digunakan secara terus menerus. Untuk dapat memanfaatkan energi angin, maka diperlukan alat yang dapat mengkonversi energi angin sehingga menghasilkan tenaga atau kerja yang dapat dimanfaatkan oleh manusia.

Turbin angin merupakan salah satu alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi kerja berupa torsi yang dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan lain. Kemampuan turbin angin Savonius beroperasi pada kecepatan angin yang rendah dengan menghasilkan torsi yang besar sangat cocok digunakan sebagai tenaga penggerak sistem pompa, aerasi tambak, atau peralatan hasil pertanian. Turbin jenis Savonius memiliki kelebihan yang lain yaitu: tidak mengalami masalah pada waktu start awal atau dengan kata lain, turbin angin Savonius bisa berputar tanpa diberi energi awal dari luar pada saat start. Salah satu jenis turbin angin yang cocok dengan kecepatan rata-rata angin di Indonesia yang rendah adalah turbin angin tipe savonius. Turbin ini berputar karena adanya perbedaan gaya *drag* dari sudu-sudunya, sehingga salah satu faktor yang mempengaruhi performansi dari turbin angin savonius adalah besarnya koefisien *drag* dari sudu yang digunakan. Apabila koefisien *drag* sudu bagian cekung semakin besar dan koefisien *drag* pada sudu bagian cembung makin

kecil maka torsi yang dihasilkan oleh turbin angin akan semakin meningkat sehingga performansinya juga akan meningkat.

Penelitian turbin Savonius telah banyak dilakukan baik model sudu, jumlah dan posisi pemasangan. Gupta dkk (2006) melakukan studi eksperimental dengan membandingkan performansi turbin angin Savonius tipe S dengan turbin angin gabungan Savonius-Darrieus pada kondisi overlap dan tanpa overlap, dimana dari hasil penelitian tersebut didapatkan simpulan bahwa turbin angin Savonius tipe S tanpa overlap memiliki koefisien performa (C_p) sebesar 16% pada TSR 0.18, pada kondisi overlap sebesar 16.2% nilai C_p adalah 18% pada TSR 0.22, pada kondisi overlap 20% nilai C_p adalah 21% pada TSR 0.24. Sargolzaei dkk (2007), menggunakan metode jaringan syaraf tiruan untuk mengoptimasi sudu turbin Savonius. Dengan bervariasi kecepatan dari 8 – 14 m/s dan variasi model dan jarak sudu, didapat torsi maksimum dan minimum pada posisi sudu 60° dan 120° . Hermawan (2010), melakukan penelitian pada turbin savonius dengan sudu dua dan tiga buah dan bertingkat tiga. Selain itu juga divariasikan posisi ketiga sudu tersebut. Hasil yang didapatkan adalah torsi yang dihasilkan turbin dua sudu lebih besar dibandingkan turbin tiga sudu. Posisi sudu sejajar pada turbin dua sudu menghasilkan daya turbin paling besar. Saha, U.K., dkk (2006), menguji model turbin tiga sudu yang dipasang melengkung dengan sudut tertentu. Performansi optimum terjadi pada sudut

kelengkungan 15° . Atmadi, S. (2008), menjelaskan parameter yang mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan. Untuk kecepatan angin yang sama, semakin besar daya yang dihasilkan, maka luas, diameter, dan tinggi rotor yang diperlukan juga semakin besar. Kecepatan rotor semakin rendah.

Koefisien drag pada potongan setengah silinder, semakin besarnya nilai rasio L/D (Panjang/Diameter) koefisien drag untuk silinder eliptik pada bagian cembung memiliki nilai yang semakin kecil bila dibandingkan dengan koefisien drag pada bagian cembung dari tabung. Meskipun koefisien drag pada bagian cekung dari potongan silinder eliptik ini belum diketahui, namun dari hal tersebut mengindikasikan bahwa dengan menggunakan sudu yang terbuat dari potongan silinder eliptik akan meningkatkan torsi yang dihasilkan karena koefisien drag pada bagian cembung nilainya akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya rasio L/D sehingga torsi lawan yang diakibatkan oleh sudu bagian cembung ini nilainya akan semakin kecil. Dari hal-hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui performansi dari turbin angin tipe savonius dengan sudu yang berbentuk potongan setengah silinder eliptik dan kemudian membandingkannya dengan sudu yang terbuat dari potongan setengah tabung.

Dalam menentukan daya turbin, untuk kecepatan angin (V_1) yang diketahui, dapat menghitung besarnya daya maksimum yang dihasilkan dengan menurunkan P terhadap V_2 , dan hasilnya adalah:

$$P = P_{\max} = \frac{8}{27} \rho A V_1^3 \text{ pada } V_2 = \frac{1}{3} V_1 \quad (1)$$

Daya maksimum yang tersedia dari baling-baling adalah besarnya laju aliran massa yang melewati baling-baling dikalikan dengan energi kinetik total angin, sehingga:

$$P_{\text{avail}} = \frac{1}{2} \dot{m} V_1^2 = \frac{1}{2} \rho A V_1^3 \quad (2)$$

Sehingga besarnya efisiensi maksimum dari turbin angin ideal yang biasanya ditunjukkan dengan koefisien daya adalah:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho A V_1^3} \quad (3)$$

Dengan memasukan nilai daya maksimum dari persamaan (1) pada persamaan (3), maka besarnya koefisien daya maksimum adalah:

$$C_{p,\max} = 16/27 = 0.593 \quad (4)$$

Tedjo Narsoyo Reksoatmojo (2004) melakukan penelitian mengenai Vertical-Axis Differential Drag windmill, dimana pada penelitian tersebut diturunkan persamaan untuk penerapan teori Betz pada turbin-angin Savonius, dimana untuk penerapan teori Betz pada turbin angin Savonius perlu memperhatikan penyimpangan-penyimpangan dari asumsi-asumsi yang digunakan oleh Betz. Pertama, Betz

mengasumsikan jumlah sudu-sudu turbin tak-terhingga, sedangkan pada turbin Savonius jumlah sudu-sudu hanya dua buah. Kedua, Betz mengasumsikan aliran udara laminar, sedangkan dalam kenyataannya, terutama pada kecepatan angin pada B_N (Bilangan Beaufort) = 10, aliran udara diperkirakan tidak sepenuhnya laminar sehingga pengaruh bilangan Reynold perlu diperhatikan. Selain itu bentuk sudu-sudu akan menentukan besar-kecilnya koefisien drag. Ketiga, jika jumlah sudu sedikit (seperti halnya pada turbin angin Savonius) putaran rotor menjadi kurang stabil. Karena adanya perbedaan koefisien hambatan pada sudu-sudu, maka penerapan teori Betz dilakukan dengan asumsi $V = V_1$ dan $V_2 = C = R$ (kecepatan rotor). Gaya aerodinamik yang bekerja pada sudu-sudu berbanding lurus dengan $(V + C)^2$ pada arah melawan hembusan angin dan $(V - C)^2$ pada arah hembusan angin. Dengan demikian daya yang dihasilkan dapat dinyatakan dengan persamaan:

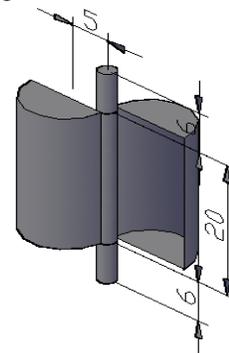
$$P = -1/2 \rho A [C_{d1}(V-C)^2 C - C_{d2}(V+C)^2 C] \quad (5)$$

Tanda minus pada awal persamaan (5) menunjukkan bahwa, daya yang dihasilkan merupakan reaksi terhadap daya angin.

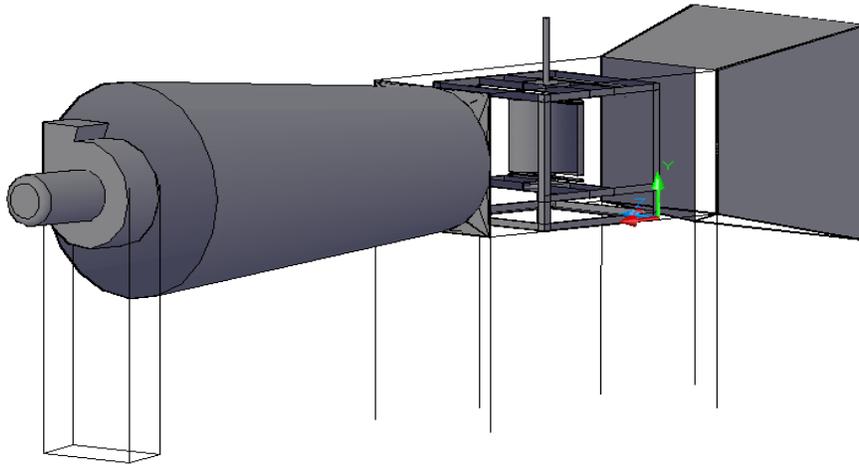
Dari persamaan (5) terlihat bahwa daya dari turbin angin Savonius sangat tergantung dari perbedaan koefisien drag dari sudu yang digunakan. Semakin besar nilai koefisien drag pada bagian cekung (C_{d1}) dan semakin kecil nilai koefien drag pada bagian cembung (C_{d2}) maka daya turbin angin akan meningkat.

METODE

Pengujian dilakukan pada turbin angin dengan lima variasi model sudu, yaitu: sudu yang berbentuk setengah tabung, dan sudu yang bebebentuk setengah silinder eliptik dengan rasio L/D sebesar 1.25:1, 1.5:1, 1.75:1 dan 2:1. Pengujian dilakukan pada kecepatan 5 dan 6 m/s. Data yang diambil adalah kecepatan putaran sudu, dan torsi maksimum untuk setiap model sudu dan varisasi kecepatan. Torsi maksimum diambil untuk setiap posisi sudu dengan kelipatan 20° , untuk setengah putar. Data hasil pengujian digunakan untuk menghitung Daya dan efisiensi turbin Savonius. Model sudu dan alat uji terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Model sudu turbin Savonius.



Gambar 2. Instalasi Pengujian.

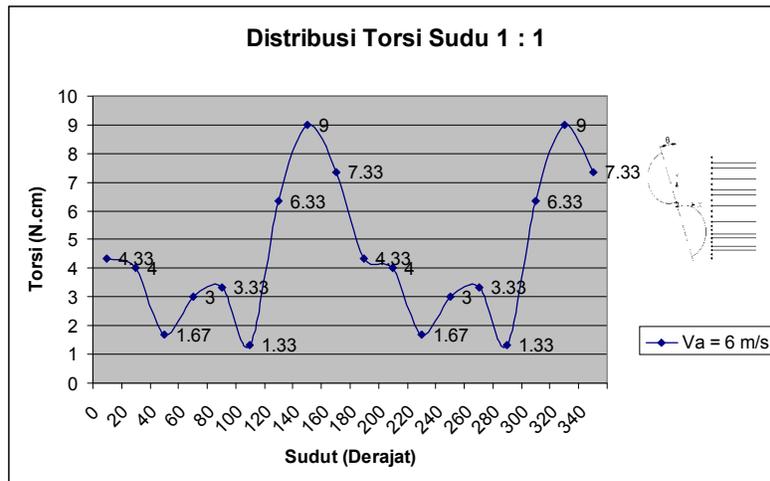
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data hasil pengujian dapat di kelompokkan atas dua bagian yakni, distribusi torsi pada setiap posisi sudu dan pengaruh rasio L/D sudu terhadap unjuk kerja turbin Savonius berupa, putaran, torsi, daya dan efisiensi yang dihasilkan.

Distribusi Torsi pada Posisi Sudu

Torsi maksimum yang terjadi pada setiap posisi sudu terlihat pada gambar 3, dan gambar 4. Torsi maksimum terbesar untuk sudu berbentuk setengah tabung (rasio L/D = 1 : 1) terjadi pada sudut 160°

dan 320°, Sedangkan Torsi maksimum terkecil terjadi pada sudut 120° dan 240°. Perubahan posisi sudu mempengaruhi koefisien drag untuk masing-masing sudu. Gaya dorong akibat kecepatan angin dipengaruhi oleh koefisien drag sudu. Sudu cekung dengan koefisien drag yang lebih besar akan memberikan gaya dorong lebih besar dibandingkan sudu cembung. Momentum masing-masing sudu saling berlawanan, sehingga torsi maksimum akan didapat pada posisi tertentu.



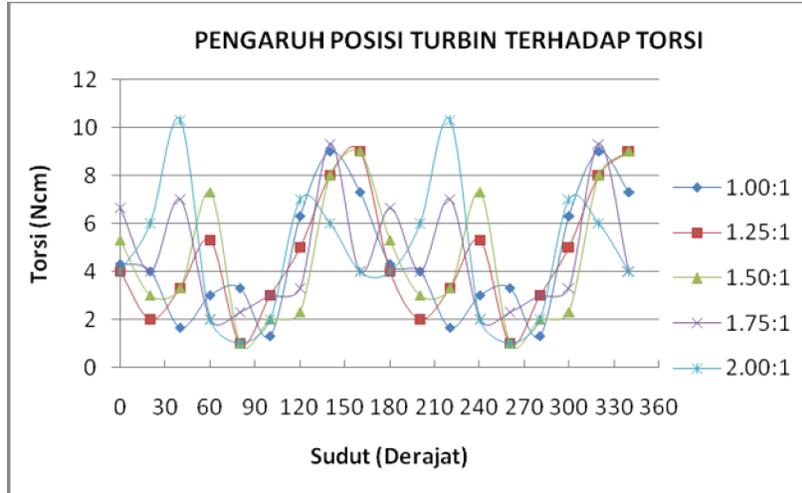
Gambar 3. Distribusi Torsi Turbin Angin Savonius Sudu Setengah Tabung.

Distribusi torsi maksimum untuk setiap perubahan rasio L/D terlihat pada gambar 4. Berikut ini dijelaskan besar torsi maksimum tertinggi dan terendah untuk masing-masing rasio L/D. Torsi maksimum tertinggi pada turbin angin savonius dengan sudu berbentuk potongan silinder elliptic dengan rasio L/D = 1.25 : 1 adalah pada sudut 160°

dan sudut 340° dengan torsi sebesar 9 N.cm. Sedangkan untuk torsi maksimum terendah adalah pada sudut 80° dan 260° dengan torsi sebesar 1 N.cm. Sama untuk rasio L/D = 1.5 : 1, terlihat bahwa besarnya torsi maksimum tertinggi terjadi pada sudut 160° dan 340° dengan nilai torsi 9 N.cm. Sedangkan untuk torsi maksimum terendah pada

kecepatan angin 5 m/s dan 6m/s adalah pada sudut 80⁰ dan 260⁰ dengan nilai yaitu 1 N.cm. Untuk rasio L/D = 1.75 : 1, torsi maksimum tertinggi terjadi pada sudut 140⁰ dan 320⁰ sebesar 9.33 N.cm, dan torsi maksimum terendah pada sudut 60⁰ dan 240⁰ dengan nilai 2 N.cm. Untuk rasio L/D = 2 :1, torsi

maksimum tertinggi pada sudut 40⁰ dan 220⁰ dengan nilai torsi 10.33 N.cm. Sedangkan torsi maksimum terendah pada sudut 80⁰ dan 260⁰ sebesar 1 N.cm. Semakin besar rasio L/D atau model sudu ellipsnya semakin lancip, torsi maksimum tertinggi terjadi pada sudut yang lebih rendah.

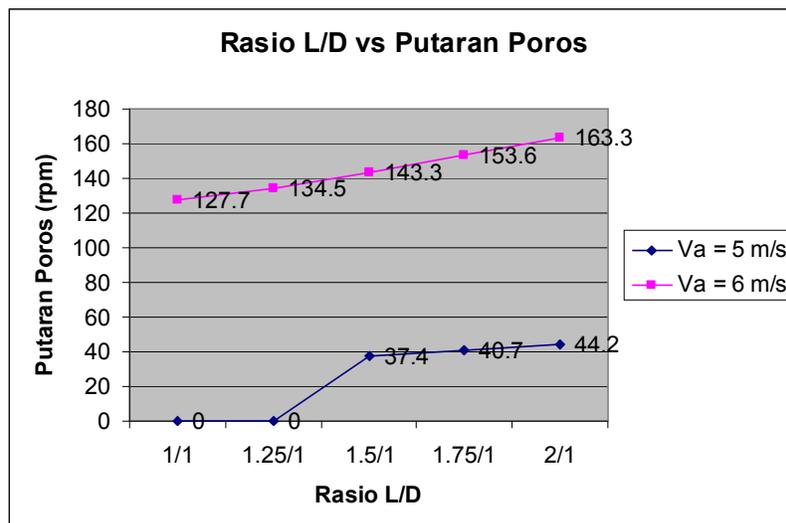


Gambar 4. Distribusi Torsi maksimum untuk setiap perubahan rasio L/D.

Pengaruh rasio L/D sudu terhadap unjuk kerja turbin Savonius

Perubahan rasio L/D pada sudu turbin savonius berpengaruh terhadap kecepatan putaran, torsi, daya dan efisiensi turbin. Pada gambar 5, kecepatan putaran turbin meningkat dengan bertambahnya rasio L/D sudu. Pada rasio L/D 2 : 1, memberikan menghasilkan putaran maksimum, yakni 163,3 rpm untuk kecepatan 6 m/s. Besarnya peningkatan putaran poros turbin angin savonius dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 1.75/1 adalah 8.823%, dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.75/1 ke sudu dengan rasio L/D

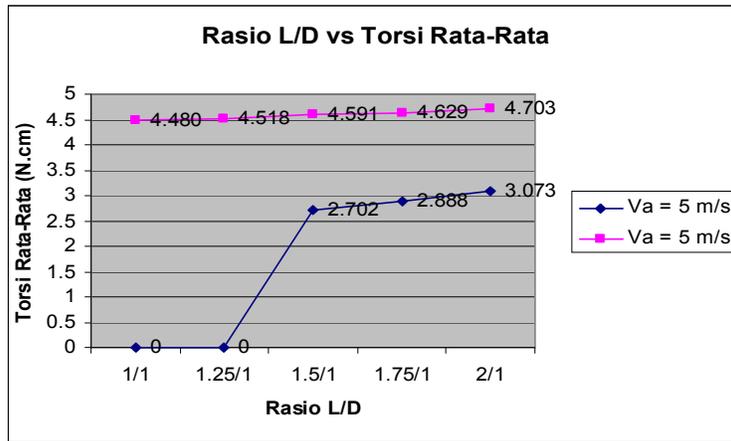
sebesar 2/1 adalah 8.6% dan dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 18.18%. Besarnya peningkatan putaran poros dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 27.88%. Kenaikan ini dikarenakan koefisien drag atau koefisien hambatan dari sudu bagian cembung dari potongan silinder eliptik memiliki nilai yang semakin kecil seiring dengan meningkatnya rasio L/D dari silinder eliptik, sehingga gaya hambatan dari sudu bagian cembung akan semakin kecil dan menyebabkan poros turbin angin berputar lebih kencang.



Gambar 5. Pengaruh Rasio L/D Terhadap Putaran Poros Turbin Angin Savonius.

Pengaruh rasio L/D terhadap torsi yang dihasilkan terlihat pada gambar 6. Torsi yang dihasilkan naik seiring dengan naiknya rasio L/D sudu. Besarnya peningkatan torsi keluaran dari turbin angin savonius pada kecepatan angin 5 m/s dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 1.75/1 adalah 6.88%, dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.75/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 6.33% dan dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 13.62%. Pada kecepatan angin sebesar 6 m/s besarnya peningkatan

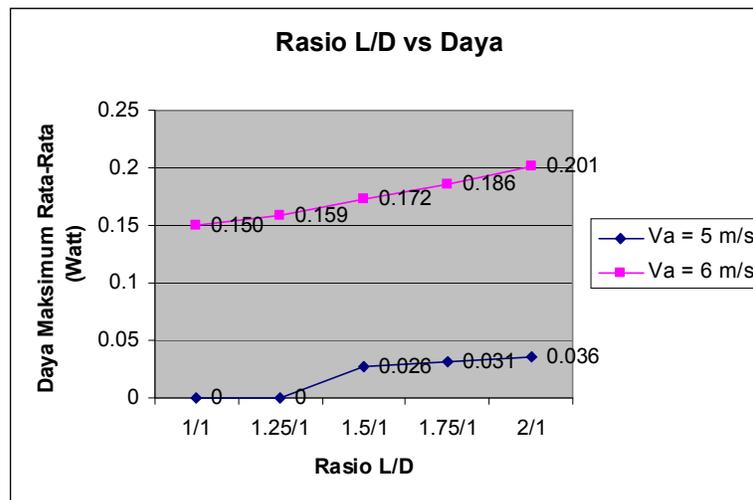
torsi keluaran dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 4.8%. Kenaikan torsi ini disebabkan oleh koefisien drag atau koefisien hambatan dari sudu bagian cembung dari potongan silinder eliptik memiliki nilai yang semakin kecil seiring dengan meningkatnya rasio L/D dari silinder eliptik, sehingga gaya hambatan dari sudu bagian cembung akan semakin kecil dan torsi lawan dari sudu bagian cembung ini nilai akan semakin kecil, sehingga torsi rata-rata yang dihasilkan turbin angin savonius akan semakin meningkat.



Gambar 6. Pengaruh Rasio L/D Terhadap Torsi Rata-Rata Keluaran Dari Turbin Angin Savonius.

Daya maksimum terjadi pada kondisi torsi dan kecepatan putaran bernilai setengah nilai maksimum. Dari gambar 7, terlihat bahwa daya maksimum meningkat dengan bertambahnya rasio L/D sudu turbin. Pada kecepatan angin 5 m/s, besarnya peningkatan daya dari turbin angin savonius dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 1.75/1 adalah 10.71%, dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.75/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 16.13% dan dari sudu

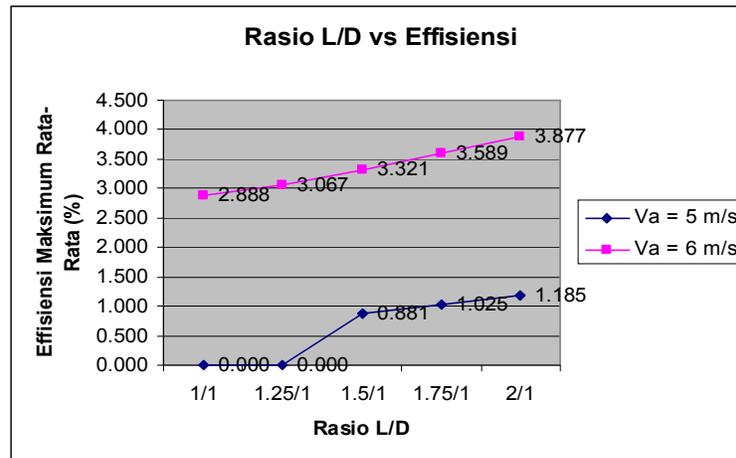
dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 28.57%. Sedangkan pada kecepatan angin 6 m/s, besarnya peningkatan daya keluaran dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 34%. Kenaikan daya maksimum yang dihasilkan disebabkan oleh karena daya berbanding lurus dengan torsi dan putaran. Bertambahnya rasio L/D sudu menaikkan nilai torsi dan putaran turbin.



Gambar 7. Pengaruh Rasio L/D Terhadap Daya Keluaran Dari Turbin Angin Savonius

Perubahan efisiensi akibat perubahan rasio L/D sudu terlihat pada gambar 8. Efisiensi naik seiring bertambahnya rasio L/D sudu. Pada kecepatan angin 5 m/s, besarnya peningkatan efisiensi dari turbin

angin savonius dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1.5/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 34.5%.



Gambar 8. Pengaruh Rasio L/D Terhadap Effisiensi Dari Turbin Angin Savonius

Pada kecepatan 6 m/s, besarnya peningkatan efisiensi dari sudu dengan rasio L/D sebesar 1/1 ke sudu dengan rasio L/D sebesar 2/1 adalah 34.6%. Dari hasil pengujian diketahui bahwa performansi terbaik terjadi pada turbin angin savonius dengan rasio L/D sebesar 2:1. Besarnya peningkatan luas permukaan kontak sudu tiap L/D rata rata sebesar 13.06 %, sedangkan peningkatan efisiensi dan daya keluaran rata rata adalah sebesar 34,6 % dan 34 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dengan variasi penggunaan sudu pada turbin angin savonius diperoleh beberapa kesimpulan kenaikan rasio L/D sudu, meningkatkan kecepatan putaran, torsi, daya, dan efisiensi turbin Savonius. Kenaikan terbesar pada rasio L/D 2:1, dimana besar kenaikan kecepatan putaran 27.88%, torsi sebesar 4.8%, daya sebesar 34 % dan efisiensi sebesar 34,6 %.

DAFTAR PUSTAKA

Gupta, R., Das, R., dan Sharma, K.K.2006. *Experimental Study Of A Savonius-Darrieus Wind Machine*. Silchar Assam, India: National Institute Of Tecnology.

Sargolzaei, J., and Kianifar, A., 2007. *Estimation of the power ratio and torque in wind turbine Savonius rotors using artificial neural networks*, International Journal of Energy, Issue 2, Vol. 1.

Darmawan, 2010, *Unjuk Kerja Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Sudu dan Variasi Posisi Sudut Turbin*, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9Palembang, 13-15 Oktober 2010, MI 31 – MI 37

Saha, U.K., Rajkumar, M.J., 2006, *On the Performance Analysis of Savonius Rotor with Twisted Blades*, Renewable Energy 31hal. 1776–1788, Elsevier.

Atmadi, S., Jamaluddin, A., 2008, *Pengembangan Metode Parameter Awal Rotor Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius*, Jurnal Teknologi Dirgantara Vol.6 No.1, Juni 2008, 41-50.

Reksoadmojo, Tedjo Norsoyo. 2005. *Differential-Axis Drag Windmill*. Cimahi: Universitas Jendral Ahmad Yani.