

PENGARUH VARIASI JARAK CELAH SUDU TERHADAP PERFORMANCE TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE SETENGAH LINGKARAN

Dedy Nataniel Uilly, Agus Laka

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang
E-mail : dedy_ully@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan celah di antara sudu rotor dapat meningkatkan performance turbin angin Savonius tipe setengah lingkaran, karena aliran udara dari sudu rotor yang satu dapat berpindah ke sudu rotor yang lainnya, sehingga dapat mengurangi turbulensi pada sudu rotor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental nyata pada skala laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa COP meningkat secara parabolik seiring bertambahnya kecepatan angin sehingga pada kecepatan 6 dan 7 m/s mengalami penurunan, karena peningkatan kecepatan angin yang tidak diimbangi dengan kenaikan torsi dan daya mekanik. Pada jarak celah sudu 10 mm maka COP tertinggi yakni 0,1465 dengan daya mekanik sebesar 1,22 Watt yang terjadi pada kecepatan angin 5 m/s, pada jarak celah sudu 20 mm maka COP tertinggi yakni 0,2311 dengan daya mekanik sebesar 1,651 Watt yang terjadi pada kecepatan angin 6 m/s. Sedangkan jarak celah sudu 30 mm maka COP tertinggi yakni sebesar 0,267 terjadi pada kecepatan angin 6 m/s.

Kata kunci : Celah Sudu, Performance, Turbin Savonius, Energi Angin

INFLUENCE OF VARIATION OF THE DISTANCE OF THE GAP VANES AGAINST THE SAVONIUS TYPE WIND TURBINE PERFORMANCE HALF CIRCLE

Dedy Nataniel Uilly, Agus Laka

Departement of Mechanical Engineering, Kupang State Of Polytechnic
E-mail : dedy_ully@yahoo.com

The use of a gap between the rotor blades can improve the performance of semi-circular Savonius wind turbines, because the air flow from one rotor blade can move to the other rotor blade, thereby reducing turbulence in the rotor blade. This research was conducted using a real experimental method on a laboratory scale. The results showed that COP increased parabolically as wind speed increased so that at speeds 6 and 7 m / s decreased, due to an increase in wind speed which was not matched by an increase in torque and mechanical power. At 10 mm blade gap the highest COP is 0.1465 with mechanical power of 1.22 Watt which occurs at a wind speed of 5 m / s, at a blade gap of 20 mm then the highest COP is 0.2311 with mechanical power of 1.651 Watt which occurs at wind speeds of 6 m / s. While the blade gap of 30 mm, the highest COP is 0.267 which occurs at wind speeds of 6 m / s.

Keywords : Gap of Sudu, Performance, Savonius Turbine, Wind Speed

PENDAHULUAN

Masih banyak daerah di Nusa Tenggara Timur yang belum terjangkau oleh listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Daerah yang sudah terjangkau listrik dengan presentase 100

persen hanya kota Kupang, disusul Kabupaten Ngada dengan presentase 88, 74 persen dan Nagakeo dengan presentase 86,73 persen. Sementara Kabupaten dengan jangkauan listrik terendah adalah Kabupaten Manggarai Timur yakni dari 176 desa baru 34 desa atau 19,32

persen desa yang sudah terjangkau listrik. Selanjutnya disusul Kabupaten Timor Tengah Selatan, yakni dari 278 desa baru 131 desa atau 47,12 persen desa yang sudah terjangkau listrik. Sedangkan 147 desa belum terjangkau listrik.

Ada beberapa kendala yang dialami PLN untuk menjangkau daerah-daerah pedesaan tersebut diantaranya adalah jalur distribusi PLN membutuhkan adanya akses jalan ke lokasi tujuan, namun kebanyakan desa masih memiliki akses jalan yang buruk. Selain itu, membutuhkan penggunaan bahan bakar minyak yang banyak untuk mesin pembangkit sehingga membuat biaya per kWh menjadi mahal dan juga sebagian besar desa tersebut di bawah garis sejahtera. Oleh karena itu, maka perlu mencari alternatif lain yaitu dengan memanfaatkan potensi alam yakni berupa energi angin, sehingga dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan bantuan turbin angin baik itu turbin angin poros horisontal (*propeller*) maupun turbin angin poros vertikal (Savonius dan Darreus). Khusus untuk turbin angin Savonius telah banyak dikembangkan, di mana turbin angin Savonius ini merupakan sebuah mesin fluida yang memiliki sumbu poros vertikal yang diciptakan oleh seorang insinyur Filandia yang bernama Sigurd Johannes Savonius pada tahun 1922. Turbin angin Savonius ini memanfaatkan udara bebas sebagai fluida kerja. Udara yang bergerak dengan kecepatan (v) dan massa (m) tertentu memiliki energi kinetik yang dapat dikonversikan menjadi energi mekanik dengan menggunakan rotor turbin yang selanjutnya dikonversikan menjadi energi listrik [1].

Turbin angin Savonius memiliki desain yang sederhana sehingga biaya investasinya lebih murah. Selain itu, turbin angin Savonius juga dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah di mana pada kecepatan angin 2,7 m/s atau 10 km/jam (6 m.p.h) maka turbin angin Savonius sudah dapat berputar dan menghasilkan energi listrik. Namun turbin angin Savonius juga memiliki kelemahan yaitu memiliki torsi awal yang kecil dan tidak mengambil keuntungan ketika adanya kecepatan yang tinggi karena efisiensinya cenderung menurun seiring naiknya kecepatan angin. Efisiensi turbin angin Savonius juga lebih rendah jika dibandingkan dengan turbin angin tipe *propeller* yang memiliki sumbu poros

horisontal, sehingga dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan efisiensi dari turbin angin Savonius [2].

Pengembangan turbin angin Savonius telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, untuk mencari desain dan *prototype* yang dapat menghasilkan efisiensi atau *performance* paling maksimal dalam menghasilkan energi listrik. Penelitian dan pengembangan turbin angin Savonius yang pernah dilakukan yakni peningkatan efisiensi kincir angin poros vertikal melalui sistem buka-tutup sirip pada 3 sudu. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental pada skala laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kincir angin model ini rata-rata dapat berputar pada kecepatan angin terendah yakni 3,1 m/s. Dan efisiensi atau *power coefficient* mencapai 23,54 % [3].

Penelitian dan pengembangan turbin angin Savonius selanjutnya yakni uji eksperimental dan analisis pengaruh variasi kecepatan dan jumlah sudu terhadap daya dan putaran turbin angin *vertical axis* Savonius dengan menggunakan sudu pengarah. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengujian eksperimental untuk mengetahui pengaruh karakteristik turbin angin tersebut terhadap variasi jumlah sudu dan kecepatan angin. Pengujian dilakukan dengan menggunakan jumlah variasi sudu rotor 2,4 dan 8, adapun kecepatan angin yang digunakan adalah 2,32 m/s, 3,61 m/s, 4,6 m/s, 5,53 m/s, 6,58 m/s dan 7,61 m/s. Pada pengujian juga dilakukan dengan penambahan beban lampu 10 watt dan 20 watt, dimana penambahan beban lampu ini untuk mengetahui pengaruh beban lampu terhadap daya listrik yang dihasilkan turbin angin. Hasil pengujian diketahui bahwa putaran dan daya yang tertinggi turbin angin adalah 62,67 rpm dan 35,96 watt pada kecepatan angin 7,61 m/s dan jumlah sudu delapan sedangkan daya yang terendah adalah 0,06 watt diperoleh pada pembebanan lampu 20 watt pada kecepatan angin 2.32 m/s [4].

Penelitian dan pengembangan turbin angin Savonius selanjutnya yakni studi eksperimental *vertical axis wind turbine* tipe Savonius dengan variasi jumlah *fin* pada sudu. Penelitian ini dilakukan variasi jumlah penambahan *fin* pada sudu. Variasi jumlah *fin* yang dilakukan adalah 1,2,4 dan 7 *fin* serta pengujian dengan menggunakan generator dan tanpa generator.

Dari hasil pengujian, variasi *fin* yang dapat meningkatkan C_p turbin Savonius adalah variasi 1 *fin* jika dibandingkan turbin standarnya dengan nilai C_p sebesar 0,11. SKEA turbin Savonius menggunakan generator 12 V;400W dapat menghasilkan daya maksimal 5,71 Watt pada putaran 134 rpm [5].

Penelitian dan pengembangan turbin angin Savonius selanjutnya yakni optimasi daya turbin angin Savonius dengan variasi celah dan perubahan jumlah sudu. Penelitian ini dilakukan dengan metode yaitu dengan melakukan eksperimen pada turbin angin yang ada sebelumnya, dengan melakukan perubahan pada bagian tingkat bawah yaitu 18 sudu dan melakukan perubahan pada jarak atau celah antar sudunya dari 0, 10, 20, 30, 40 dan 50 mm. Hasil pengujian yang dilakukan turbin angin mampu menghasilkan daya listrik maksimum 5,67 Watt dengan jarak celah sudu 30 mm pada kecepatan angin 5,2 m/s dan daya listrik minimum pada 0,1 Watt pada celah sudu 0 mm dengan kecepatan angin 3,5 m/s [6].

Penelitian dan pengembangan turbin angin Savonius selanjutnya yakni analisis jumlah sudu pada turbin angin Savonius sumbu vertikal terhadap tegangan dan arus di dalam proses pengisian akumulator. Metode yang digunakan dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, menentukan spesifikasi dari sistem, perancangan sistem, pengumpulan dan pengolahan data, dan berakhir dengan evaluasi dari penelitian.. Turbin dihubungkan dengan alternator tiga fasa tipe *permanent magnet alternator*. Penelitian ini menganalisis pengaruh perubahan jumlah sudu antara dua, tiga, empat, lima, dan enam sudu dari turbin terhadap arus dan tegangan selama proses pengisian akumulator melalui data yang terekam oleh *data logger* pada setiap penggunaan jumlah sudu yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja turbin savonius dua sudu dengan massa sebesar 1709 gram memberikan hasil yang maksimal dengan menghasilkan tegangan dan arus sebesar 3.003 V dan 0.587 A. Untuk proses pengisian akumulator, turbin angin savonius dengan dua sudu lebih direkomendasikan karena memiliki efisiensi konversi energi mekanik menjadi energi listrik sebesar 96.51%, 44.55%, 25.50%, dan 11.50% pada kecepatan angin 3, 5, 6, dan 8 m/s yang bekerja pada setiap turbin dengan jumlah sudu yang berbeda [7].

Penelitian yang dilakukan yakni dengan membuat variasi celah sudu antar rotor dan juga variasi kecepatan angin. Ini dilakukan untuk mencari performance paling tinggi dengan penggunaan celah sudu rotor.

LANDASAN TEORI

(1). Performance Turbin Savonius

(a). Putaran Poros (n)

Turbin angin Savonius akan berputar ketika ada angin dengan kecepatan tertentu , sehingga putaran poros yang dihasilkan rotor turbin Savonius dapat langsung diukur dengan menggunakan *tachometer digital* ketika rotor berputar.

(b). Tip Speed Ratio ()

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah perbandingan kecepatan pada ujung rotor terhadap kecepatan udara bebas. *Tip speed ratio* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{f D n}{60 \cdot v} \quad (1)$$

Dengan:

D : diameter rotor (m);

n : putaran poros (rpm);

v : kecepatan aliran udara (m/s).

(c). Daya Angin (P_w)

Daya angin dapat didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan per satuan waktu yaitu sebagai berikut :

$$P_w = E \text{ per satuan waktu} \\ = \frac{1}{2} \dots A \cdot v^3 \text{ (Watt)} \quad (2)$$

Dengan:

P_w : daya angin (Watt);

... : kerapatan massa udara (kg/m^3);

v : kecepatan aliran udara (m/s);

A : luas penampang (m^2).

(d). Torsi (T)

Torsi biasa disebut juga momen atau gaya yang menyatakan benda berputar pada suatu sumbu. Torsi juga bisa didefinisikan ukuran keefektifan gaya tersebut dalam menghasilkan putaran atau rotasi mengelilingi sumbu tersebut. Besar torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = F \cdot r \text{ (N.m)} \quad (3)$$

$$F = (m \cdot s) \times g \text{ (N)} \quad (4)$$

Dengan:

T = torsi (N.m);

F = gaya yang bekerja pada poros (N);

m = massa pembebanan (kg);

s = *pring balance*(kg);

r = jari-jari puli (m);

g = gaya gravitasi (m/s^2).

(e). Daya Poros atau Mekanik (P_m)

Daya poros diukur dengan melakukan pembebanan pada poros untuk mendapat nilai torsi dan mengukur putaran pada poros untuk menghitung kecepatannya. Selanjutnya, daya poros didapatkan dengan mengalikan antara nilai torsi dengan kecepatan angulernya seperti terlihat pada persamaan sebagai berikut :

$$P_m = T \times \check{S} \text{ (Watt)} \quad (5)$$

$$\check{S} = \frac{2 \times f \times n}{60} \text{ (rad/s)} \quad (6)$$

Dengan: P_m = daya poros (Watt);

S = kecepatan anguler (rad/s);

n = putaran poros (rpm).

(f). Koefisien Daya (Coefficient Of Power)

Koefisien daya adalah hal penting dalam mendesain sebuah turbin angin karena menunjukkan seberapa besar energi kinetik angin yang dikonversikan menjadi daya poros dengan bantuan rotor turbin. Koefisien daya merupakan perbandingan antara energi yang digunakan (*input*) dengan energi yang dihasilkan (*output*). Rumus *power coefficient* adalah sebagai berikut :

$$C_p = \frac{P_m}{P_w} \quad (7)$$

Dengan :

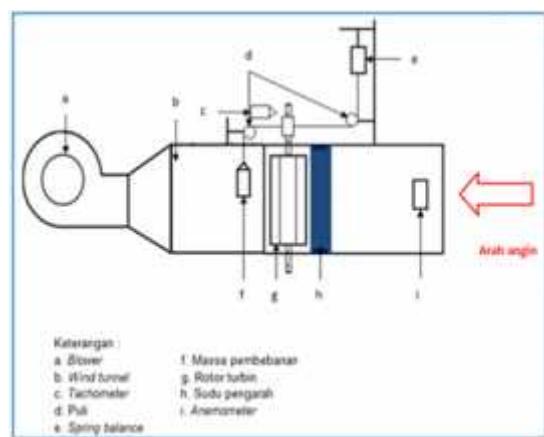
C_p = *power coefficient*;

P_m = daya poros (Watt);

P_w = daya angin (Watt).

(2). Instrumen Penelitian

Instrumen atau instalasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1:

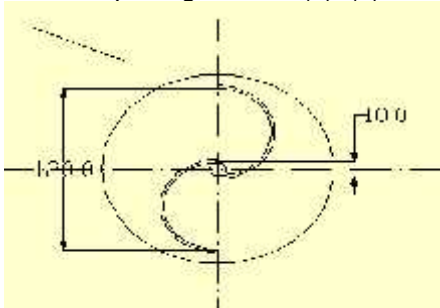


Gambar 1. Instalasi Penelitian

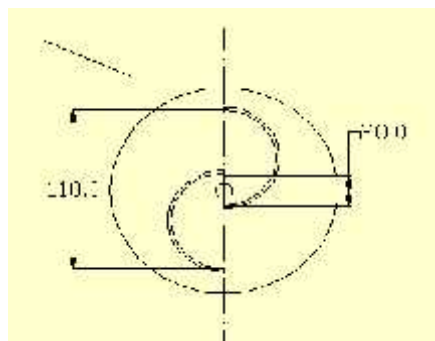
Keterangan gambar :

- a. Blower
- b. Wind tunnel (terowongan angin)
- c. Tachometer digital
- d. Pully
- e. Spring balancer
- f. Massa pembebanan
- g. Rotor turbin
- h. Anemometer

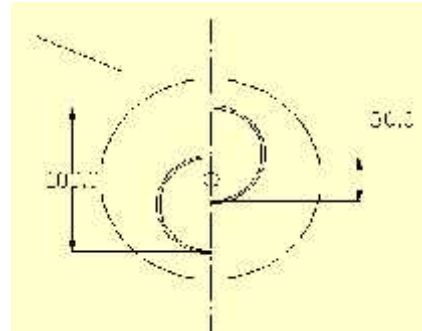
Pada saat menghidupkan *blower* maka udara bebas yang memiliki kecepatan (v) dan massa (kg) tertentu akan terisap dan mengalir melalui *wind tunnel* (terowongan angin) sehingga dapat menggerakkan rotor turbin, selanjutnya memutar poros generator listrik untuk membangkitkan energi listrik seperti terlihat pada gambar 1. Dengan demikian terjadi perubahan atau konversi energi angin menjadi energi gerak dalam bentuk putaran poros. Selanjutnya putaran poros rotor menggerakkan generator listrik sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Putaran rotor dan energi listrik yang dihasilkan kemudian diukur pada masing-masing perlakuan sesuai dengan variasi kecepatan angin yang ditetapkan yaitu 4, 5, 6 dan 7 m/s serta variasi celah sudu rotor yaitu 10 mm, 20 mm dan 30 mm Dimensi sudu rotor yang dilengkapi dengan celah sudu seperti terlihat pada gambar 2 (a), (b) dan (c) :



Gambar 2. (a). Jarak Celah Sudu 10 mm



(b). Jarak Celah Sudu 20 mm



(c). Jarak Celah Sudu 30 mm

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental nyata (*true experimental*) yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh variasi jarak celah sudu terhadap *performance* turbin angin Savonius tipe setengah lingkaran dimana dilakukan perlakuan yang sama dengan cara divariasikan jarak celah sudu rotor turbin kemudian membandingkannya, sehingga diperoleh suatu pola kejadian yang saling berhubungan.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian skala laboratorium ini adalah agar dapat meningkatkan *performance* turbin angin Savonius dengan variasi jarak celah sudu rotor yang berfungsi untuk mengurangi turbulensi pada sudu rotor, sehingga aliran udara yang menerpa sudu rotor sebelumnya dapat menerpa sudu rotor berikutnya.

(3). Variabel Penelitian

(a). Variabel Bebas :

Kecepatan angin : 4, 5, 6 dan 7 m/s.

Celah sudu : 10 mm, 20 mm dan 30 mm.

(b). Variabel Terikat :

Torsi (T);

Daya mekanik (Watt);

Coefficient of power (C_{op})

(4). Teknik Pengumpulan Data

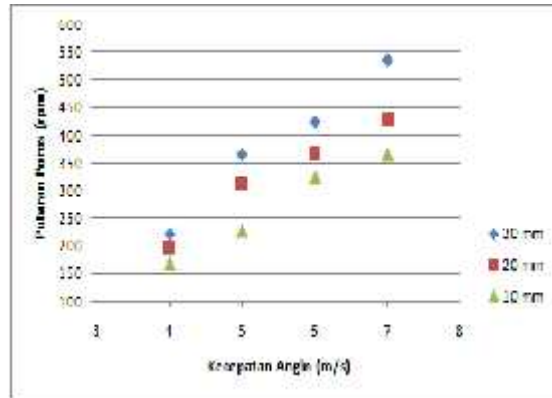
Prototype turbin angin Savonius ditempatkan di antara *blower* dan saluran udara sehingga muda terkena angin, kemudian turbin angin akan berputar ketika adanya angin yang menerpa sudu rotor turbin dengan kecepatan angin tertentu. Pengambilan data dimulai ketika turbin angin Savonius sudah berputar dengan stabil dan dapat menyalakan beberapa lampu LED. Setiap pengambilan variabel penelitian dilakukan pengulangan sebanyak 5 (lima) kali untuk mendapat nilai rata-ratanya. Data-data akan diambil yaitu suhu ruang ($^{\circ}\text{C}$), putaran rotor (rpm), tegangan generator listrik (Volt) dan kuat arus listrik (Ampere).

(5). Teknik Analisa Data

Analisa data dapat dilakukan setelah mengolah data hasil pengujian dengan persamaan yang ada. Variasi jarak celah sudu terhadap *performance* turbin angin Savonius ini didasarkan pada beberapa parameter yaitu *brake horse power* (Watt), torsi (N.m) dan efisiensi alat (%). Analisa data akan dibuat dengan menggunakan program *microsof exel* dalam bentuk tabel dan grafik pada tiap-tiap variasi jarak celah sudu. Dari grafik tersebut akan terlihat perbedaan pada tiap-tiap perlakuan sehingga dapat diketahui hubungan sebab akibat dan dapat ditarik beberapa kesimpulannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

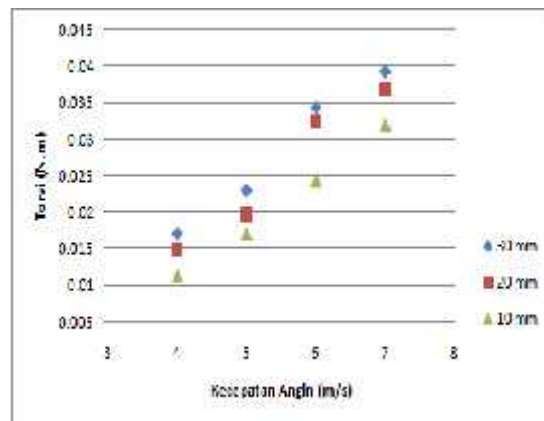
Berdasarkan Gambar 3 maka terlihat bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap putaran yang dihasilkan oleh rotor turbin. Pada grafik ini ada tiga variasi celah antar sudu yaitu 30 mm, 20 mm dan 10 mm yang diuji pada empat variasi kecepatan angin yaitu 4, 5, 6 dan 7 m/s. Putaran tertinggi terjadi pada celah antar sudu 30 mm yaitu 535,92 rpm, kemudian terjadi penurunan putaran pada celah antar sudu 20 mm yaitu 428,94 rpm dan putaran terendah terjadi pada celah antar sudu 10 mm yaitu 365,98 rpm. Semua putaran tertinggi terjadi pada kecepatan angin 7 m/s.



Gambar 3. Hubungan kecepatan angin terhadap putaran

Putaran poros selain dipengaruhi oleh kecepatan angin, maka pada Gambar 3 terlihat juga bahwa celah antar sudu mempengaruhi nilai putaran poros. Semakin besar celah antar sudu yang diberikan maka putaran poros mengalami kecenderungan untuk meningkat secara linear. Hal ini terjadi karena aliran udara yang berpusar pada sudu berpindah ke sudu yang sebelahnya, sehingga angin pusaran ini tidak menghambat gerakan rotor turbin akan tetapi dapat membantu rotor turbin untuk tetap berputar sesuai dengan arah dan bentuk sudu rotor.

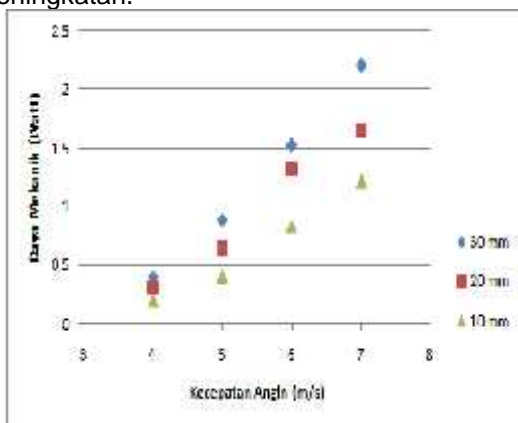
Putaran juga sangat dipengaruhi oleh kecepatan sudut dan beban yang diberikan pada puly rotor turbin angin Savonius. Pada jarak celah sudu rotor 30 mm dapat menghasilkan putaran tertinggi, hal ini terjadi karena jumlah massa udara yang melewati celah sudu jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi jarak celah sudu 10 mm dan 20 mm.



Gambar 4. Hubungan kecepatan angin terhadap torsi

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap torsi yang dihasilkan oleh rotor turbin. Pada grafik ini ada tiga variasi celah antar sudu rotor yaitu 30 mm, 20 mm dan 10 mm yang diuji pada empat variasi kecepatan angin yaitu 4, 5, 6 dan 7 m/s. Pada celah antar sudu 30 mm maka torsi tertinggi yaitu 0,03924 N. m, kemudian terjadi penurunan torsi pada celah antar sudu 20 mm yaitu 0,03678 N. m dan torsi terendah terjadi pada celah antar sudu 10 mm yaitu 0,03188 N. m. Torsi yang dihasilkan sangat dipengaruhi angin, kecepatan sudut dan daya mekanik yang dihasilkan oleh rotor turbin. Selain itu, torsi juga sangat dipengaruhi oleh massa (kg) pembebanan yang diberikan, semak besar massa yang diberikan maka torsi akan meningkat, hanya saja bila pembebanan berlebihan maka rotor turbin akan mengalami penurunan putaran secara signifikan.

Dengan demikian, maka perlu ketelitian dalam pemberian beban, karena hal ini sangat berpengaruh terhadap torsi yang dihasilkan oleh sebuah rotor turbin. Dari grafik juga terlihat bahwa torsi meningkat secara linear seiring bertambahnya kecepatan angin yang diberikan. Hal ini terjadi karena dengan semakin bertambahnya kecepatan angin maka putaran akan semakin bertambah sehingga memicu terjadinya peningkatan nilai daya mekanik yang dihasilkan oleh rotor turbin. Dengan demikian maka nilai torsi otomatis akan mengalami peningkatan.

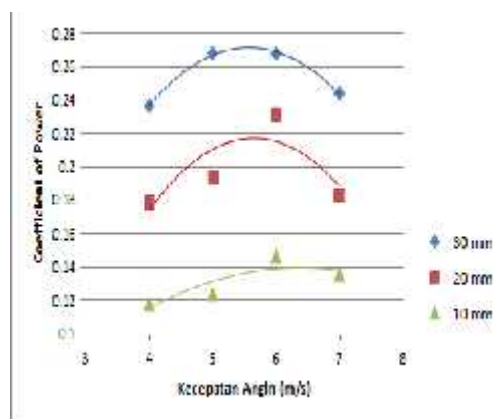


Gambar 5. Hubungan kecepatan angin terhadap daya mekanik

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap

daya mekanik yang dihasilkan oleh rotor turbin. Pada grafik ini ada tiga variasi celah antar sudu yaitu 30 mm, 20 mm dan 10 mm yang diuji pada empat variasi kecepatan angin yaitu 4, 5, 6 dan 7 m/s. Daya mekanik tertinggi terjadi celah antar sudu 30 mm yaitu 2,2 Watt, kemudian terjadi penurunan daya mekanik pada celah antar sudu 20 mm yaitu 1,651 Watt dan daya mekanik terendah terjadi pada celah antar sudu 10 mm yaitu 1,22 Watt. Semua daya mekanik maksimum terjadi pada kecepatan angin 7 m/s pada masing-masing perlakuan celah antar sudu rotor.

Di sini juga terlihat bahwa daya mekanik meningkat secara linear seiring dengan bertambahnya kecepatan angin yang diberikan. Hal ini terjadi karena kecepatan, torsi, kecepatan sudu dan massa pembebanan sangat berpengaruh terhadap daya mekanik yang dihasilkan oleh sebuah turbin angin. Hal ini terjadi karena pada grafik putaran poros, dan torsi yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan secara linear, sehingga berdampak pada peningkatan daya mekanik juga. Daya mekanik akan terus mengalami peningkatan bila torsi dan kecepatan angin meningkat secara linear sesuai dengan hubungan yang terlihat pada persamaan daya mekanik. Daya mekanik juga sangat dipengaruhi oleh desain dari sudu rotor turbin, hal ini terjadi karena sudu rotor yang memiliki desain yang buruk akan berdampak pada besarnya turbulensi pada rotor turbin angin Savonius.



Gambar 6. Hubungan kecepatan angin terhadap coefficient of power

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap coefficient of power yang dihasilkan dengan

menvariasikan celah antar sudu rotor. Di sini ada tiga variasi celah antar sudu rotor yaitu 30 mm, 20 mm dan 10 mm, di mana diuji pada empat variasi kecepatan angin yaitu 4, 5, 6 dan 7 m/s. *Coefficient of power* tertinggi terjadi pada masing-masing variasi celah antar sudu rotor yaitu 30 mm sebesar 0.267, kemudian terjadi penurunan *coefficient of power* pada celah antar sudu 20 mm yaitu 0,2311 dan *coefficient of power* terendah terjadi pada celah antar sudu 10 mm yaitu 0,1465. *Coefficient of power* tertinggi pada variasi celah antar sudu rotor 30 mm terjadi pada kecepatan angin 5 m/s. Sedangkan *coefficient of power* tertinggi pada celah antar sudu 20 mm dan 10 mm terjadi pada kecepatan angina 6 m/s.

Terlihat juga bahwa *coefficient of power* mengalami peningkatan secara parabolik, hal ini terjadi karena memang turbin angin Savonius memiliki kecenderungan peningkatan *coefficient of power* pada kecepatan angin sedang yaitu 5 dan 6 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin yang lebih tinggi maka turbin angin Savonius akan mengalami penurunan *performance* atau kinerjanya. Hal ini terjadi karena semakin besarnya turbulensi yang dialami oleh turbin angin Savonius pada kecepatan angin yang tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

(1). KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- (1). Adanya celah antar sudu pada turbin angin Savonius memberikan dampak peningkatan *performance*, hal ini terjadi karena aliran udara akan menumbuk sudu sebelahnya sehingga membantu mempercepat putaran dari rotor turbin. Semakin besar celah sudu yang diberikan maka *performance* turbin angin Savonius cenderung mengalami peningkatan.
- (2). Celah antar sudu 30 mm memiliki *performance* yang paling tinggi dengan daya mekanik 2,2 Watt dan *coefficient of power* 0,2677 pada kecepatan angin 5 m/s, kemudian celah antar sudu 20 mm memiliki *performance* menengah dengan daya mekanik 1.651 Watt dan *coefficient of power* 0,2311 pada kecepatan angin 6 m/s. Sedangkan celah antar 10 mm

menghasilkan *performance* terendah dengan daya mekanik 1,22 Watt dan *coefficient of power* 0,1465.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hau. E. 2005. *Handbook Wind turbines fundamentals technologies, applications, economics*. Springer Germany.
- [2] Nursuhud. D dan Pudjanarsa. A. 2008. *Handbook Mesin Konversi Energi*. Jakarta. Indonesia.
- [3]. Marnoto. T. 2011. *Peningkatan Efisiensi Kincir Angin Poros Vertikal Melalui Sistem Buka-Tutup Sirip Pada 3 Sudu*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 11, Nomor 2, Mei 2011.
- [4] Napitupulu. H. F; Maurizt. F. 2013. *Uji Eksperimental dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan dan Jumlah Sudu Terhadap Daya dan Putaran Turbin Angin Vertical Axis Savonius Dengan Menggunakan Sudu Pengarah*. Jurnal Dinamis, Volume II, No.12, Januari 2013. ISSN 0216-7492.
- [5] Hasan. S. D. O; Hantoro. R; Nugroho. G. 2013. *Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius Dengan Variasi Jumlah Fin Pada Sudu*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- [6] Farid. A. 2014. *Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah dan Perubahan Jumlah Sudu*. Jurnal Teknik Mesin. ISBN 978-602-99334-3-7.
- [7] Hicari; Suwandi; Qurthobi. A. 2016. *Analisis 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 December 2016. ISSN : 2355-9365.