

UNJUK KERJA MODEL TURBIN ANGIN POROS VERTIKAL TIPE SAVONIUS DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU DAN VARIASI POSISI SUDUT TURBIN

Hermawan

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281

Telp (0274) 521673 e-mail : hermawan_ugm@yahoo.com

Abstrak

Turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. 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, sehingga semakin besar drag force, maka efisiensi turbin juga semakin besar.

Objek penelitian ini adalah model turbin angin poros vertikal dengan rotor tipe savonius U tiga tingkat, memiliki luas sapuan rotor $430,398 \text{ mm}^2$. Pengujian dilakukan dengan sumber angin berasal dari stand fan. Kecepatan angin yang digunakan terdapat tiga variasi yaitu $4,92 \text{ m/s}$, $5,81 \text{ m/s}$ dan $6,35 \text{ m/s}$, masing-masing merupakan kecepatan angin rata-rata dari stand fan. Variasi pengujian juga dilakukan dengan variasi dua sudu dan tiga sudu, serta variasi posisi sudut turbin. Terdapat 6 model dalam penelitian ini. Model 1 adalah turbin angin savonius U dua sudu dan posisi masing-masing tingkat sejajar. Model 2 adalah turbin angin savonius U dua sudu dan posisi masing-masing tingkat membentuk sudut 60° . Model 3 adalah turbin angin savonius U dua sudu dan masing-masing tingkat membentuk sudut 90° . Model 4 adalah turbin angin savonius U tiga sudu dan posisi masing-masing tingkat sejajar. Model 5 adalah turbin angin savonius U tiga sudu dan masing-masing tingkat membentuk sudut 40° . Model 6 adalah turbin angin savonius U tiga sudu dan masing-masing tingkat membentuk sudut 60° .

Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik karakteristik koefisien daya terhadap tip speed ratio ($C_p-\lambda$ untuk setiap variasi kecepatan angin, variasi jumlah sudu dan variasi posisi sudut turbin). Nilai C_p maksimum yang dicapai untuk turbin angin dengan dua sudu adalah $0,1016$ atau $10,16\%$ diperoleh pada saat tip speed ratio sebesar $0,2474$ dengan kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$, sedangkan nilai C_p maksimum yang dicapai untuk turbin angin dengan tiga sudu adalah $0,0755$ atau $7,55\%$ diperoleh pada saat tip speed ratio sebesar $0,2113$ dengan kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$. Daya turbin maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin dengan dua sudu adalah $0,6451$ watt, yaitu pada model 1, pada putaran rotor sekitar $174,7 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$. Sedangkan daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dengan tiga sudu adalah $0,3718$ watt, yaitu pada model 4, pada putaran rotor sekitar $134,4 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$.

Kata Kunci: turbin angin, Savonius, coefficient performance, tip speed ratio

Pendahuluan

Kebutuhan minyak dan gas yang tidak diimbangi oleh kapasitas produksi, menyebabkan kelangkaan bahan bakar minyak dan gas, sehingga terjadi kenaikan harga. Pemerintah maupun swasta di hampir semua negara kemudian berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan untuk menjaga ketahanan energi negara. Selain hal diatas, isu perubahan iklim yang mulai terlihat saat ini menuntut banyak pihak untuk berfikir ulang dalam menggunakan bahan bakar fosil, khususnya minyak dan gas yang berkontribusi pada pemanasan

global. Sumber energi terbarukan yang saat ini digunakan secara komersial di Indonesia adalah tenaga air dan panas bumi. Pengembangannya tentu terdapat beberapa kendala, diantaranya adalah untuk tenaga air, ketersediaan lahan serta jaminan pasokan air, sementara untuk tenaga panas bumi, tantangannya adalah teknologi dan biaya eksplorasi. Salah satu sumber energi terbarukan yang bisa digunakan dalam skala kecil adalah energi angin. Angin di Indonesia memiliki kecepatan yang bervariatif, umumnya dikategorikan sebagai angin berkecepatan rendah. Penelitian sistem konversi energi angin kecepatan rendah belum banyak dilakukan di Indonesia, padahal ada beberapa lokasi yang mempunyai



kecepatan angin rendah secara kontinyu yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Di samping itu, angin merupakan sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable*), sehingga pemanfaatan sistem konversi energi angin akan berdampak positif terhadap lingkungan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja model turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat melalui karakteristik *power coefficient* terhadap *tip speed ratio* ($Cp-\lambda$), torsi terhadap putaran ($T-rpm$), dan *power* terhadap putaran ($P-rpm$) pada variasi kecepatan angin, variasi jumlah sudu turbin, dan variasi sudut turbin.

Manfaat Penelitian

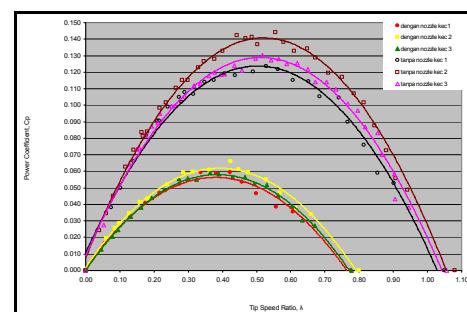
Manfaat dari penelitian tentang model turbin angin ini adalah untuk memperoleh karakteristik *performance* turbin angin hasil modifikasi yang dinyatakan dalam hubungan *power coefficient* terhadap *tip speed ratio* ($Cp-\lambda$), torsi terhadap putaran ($T-rpm$), dan *power* terhadap putaran ($P-rpm$) yang dapat dijadikan referensi dan bahan pertimbangan dalam pengembangan desain turbin angin selanjutnya.

Tinjauan Pustaka

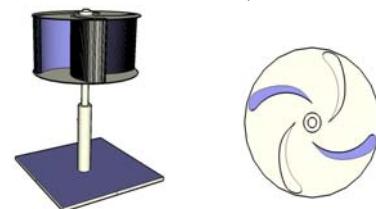
Slamet (2008) melakukan penelitian dengan memanfaatkan *drag force* dan *lift force* dengan membuat sudu berbentuk *airfoil*, menggunakan jenis poros vertikal untuk tetap mempertahankan *lower cost of installation and easier accessibility for maintenance and repairs*. Obyek penelitian berupa turbin angin poros vertikal dengan rotor tipe *savonius* dan sudu *airfoil* yang memiliki luas penampang sapuan rotor $1,28 \text{ m}^2$. Pengujian dilakukan dengan sumber angin yang berasal dari *stand fan*. Cerobong penyearah angin ditempatkan diantara sumber angin dan turbin angin yang bertujuan untuk mengurangi turbulensi. Kecepatan angin pada pengujian ini ada tiga variasi, yaitu $3,37 \text{ m/s}$, $3,58 \text{ m/s}$, dan $4,06 \text{ m/s}$, yang masing-masing merupakan kecepatan angin rata-rata dari *stand fan*. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik karakteristik koefisien daya terhadap *tip speed ratio* ($Cp-\lambda$) untuk setiap variasi kecepatan angin dan variasi tanpa dan menggunakan cerobong penyearah. Nilai *cut in speed* tanpa menggunakan cerobong penyearah sebesar $2,84 \text{ m/s}$, sedangkan dengan menggunakan cerobong penyearah sebesar $1,42 \text{ m/s}$. Turbin angin tanpa menggunakan cerobong penyearah memiliki Cp maksimal $0,141$ (14,1 %) yang diperoleh pada kecepatan angin $3,58 \text{ m/s}$, sedangkan turbin angin dengan menggunakan cerobong penyearah memiliki Cp maksimal $0,062$ (6,2 %) yang diperoleh pada kecepatan angin $3,58 \text{ m/s}$. daya maksimal yang dihasilkan tanpa menggunakan cerobong penyearah adalah $6,45 \text{ watt}$ pada putaran rotor $48,98$

rpm, sedangkan daya maksimal yang dihasilkan dengan menggunakan cerobong penyearah adalah $2,94 \text{ watt}$ pada putaran rotor $37,36 \text{ rpm}$.

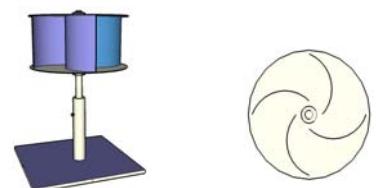
Patuh (2008) melakukan penelitian terhadap turbin angin *savonius* dengan variasi bentuk sudu plat dan *airfoil*. Cerobong penyearah angin ditempatkan diantara sumber angin dan turbin angin untuk mengurangi faktor turbulensi. Kecepatan angin yang digunakan terdapat empat variasi yaitu $2,05 \text{ m/s}$, $2,55 \text{ m/s}$, $2,97 \text{ m/s}$ dan $5,63 \text{ m/s}$. Hasil penelitian ditampilkan dalam sebuah kurva karakteristik ($Cp-\lambda$) untuk setiap variasi bentuk sudu dan kecepatan angin. Turbin angin *savonius* sudu plat memiliki nilai Cp_{max} dan daya yang lebih baik dibanding dengan turbin angin *savonius* sudu *airfoil*. Ini menunjukkan bahwa turbin angin *savonius* sudu plat memiliki kinerja yang lebih baik dibanding turbin angin *savonius* sudu *airfoil*. Turbin angin *savonius* sudu plat dan sudu *airfoil* merupakan turbin angin sumbu vertikal yang bisa *self starting*. Nilai *cut in speed* untuk sudu plat sebesar $0,78 \text{ m/s}$, sedangkan untuk sudu *airfoil* sebesar $0,23 \text{ m/s}$.



Gambar 1. Grafik C_p terhadap λ dari pengujian (Slamet, 2008)



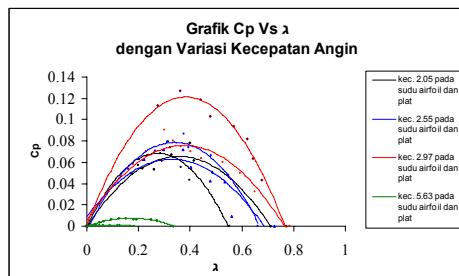
Gambar 2. Turbin *savonius* sudu



Gambar 3. Turbin *savonius* sudu plat



Turbin Angin *savonius* sudu plat dan sudu *airfoil* bekerja optimum pada kecepatan yang sama yaitu 2,97 m/s, dengan C_p _{max} untuk sudu plat sebesar 0,12 dan C_p _{max} untuk sudu *airfoil* sebesar 0,075.



Gambar 4. Grafik C_p vs λ dengan variasi kecepatan angin (Patuh, 2008)

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan model turbin angin
2. Pembuatan instalasi pengujian
3. Pengambilan data
4. Pengolahan data

Objek Pengujian

Variasi Objek Pengujian

Penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan variasi kecepatan angin, variasi jumlah sudu dan variasi sudut turbin pada turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat. Oleh karena itu, dibuat beberapa model sistem turbin dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Model 1 adalah turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat dengan jumlah sudu dua dan posisi ketiga turbin sejajar.

Spesifikasi turbin angin poros vertikal rotor *savonius* U adalah sebagai berikut:

Rotor:

Diameter rotor, D : 245 mm

Tinggi rotor (1 tingkat), h : 160 mm

Tinggi rotor (3 tingkat), H : 520 mm

Diameter poros : 12 mm

Sudu:

Profil sudu : U(setengah silinder)

Diameter sudu : 140 mm

Jml sudu tiap tingkat : 2 dan 3

Material sudu : PVC

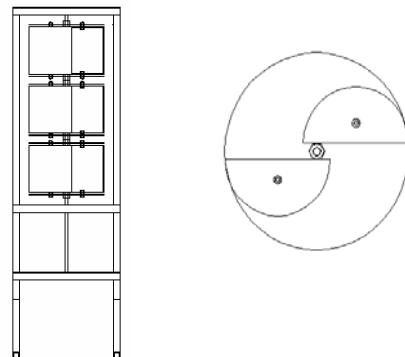
Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah model turbin angin poros vertikal tiga tingkat dengan rotor *savonius* dan sudu yang berbentuk U (setengah silinder), seperti ditunjukkan pada Gambar 4.. Untuk tiap tingkatnya terdapat 2 buah sudu dan terdapat mekanisme untuk memasang sudu tambahan sehingga jumlah sudu menjadi tiga. Tinggi keseluruhan model turbin angin poros vertikal ini adalah 1,12 m.



Gambar 5. Model turbin angin poros vertikal dengan rotor *savonius* U,

a) tampak depan, b) tampak samping

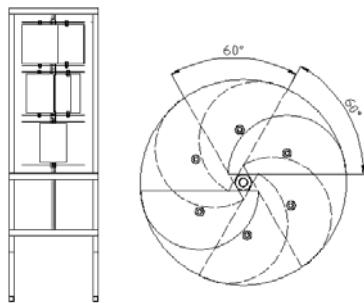
Tebal sudu : 3 mm



Gambar 6. Turbin *savonius* U dua sudu dan posisi ketiga turbin sejajar

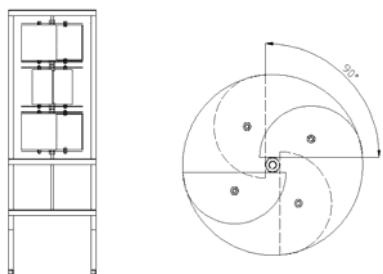
2. Model 2 adalah turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat dengan jumlah sudu dua dan posisi ketiga turbin masing-masing membentuk sudut 60° .





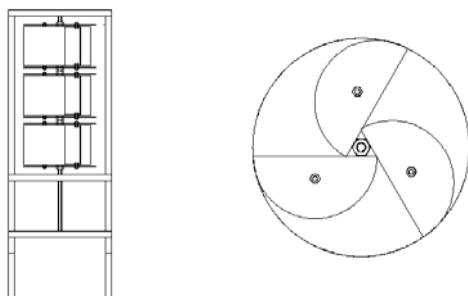
Gambar 7. Turbin *savonius* U dua sudu dan posisi ketiga turbin membentuk sudut 60°

3. Model 3 adalah turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat dengan jumlah sudu dua dan posisi ketiga turbin masing-masing membentuk sudut 90° .



Gambar 8. Turbin *savonius* U dua sudu dan posisi ketiga turbin membentuk sudut 90°

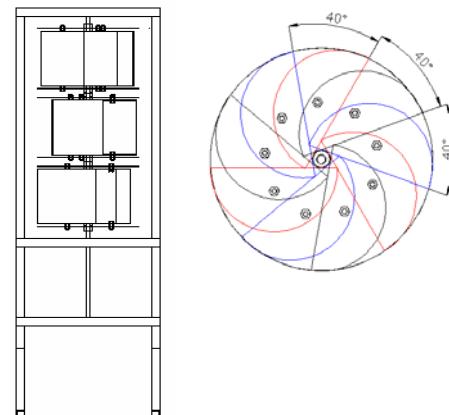
4. Model 4 adalah turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat dengan jumlah sudu tiga dan posisi ketiga turbin sejajar



Gambar 9. Turbin *savonius* U tiga sudu dan posisi ketiga turbin sejajar

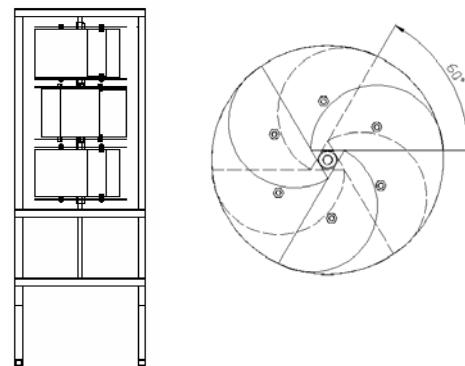
5. Model 5 adalah turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat dengan jumlah

sudu tiga dan posisi ketiga turbin masing-masing membentuk sudut 40° .



Gambar 10. Turbin *savonius* U tiga sudu dan posisi ketiga turbin membentuk sudut 40°

6. Model 6 adalah turbin angin tipe *savonius* U tiga tingkat dengan jumlah sudu tiga dan posisi ketiga turbin masing-masing membentuk sudut 60° .

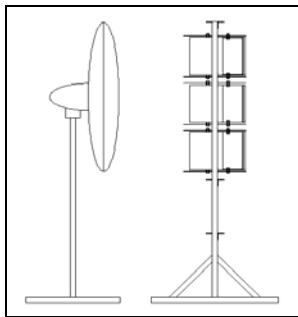


Gambar 11. Turbin *savonius* U tiga sudu dan posisi ketiga turbin membentuk sudut 60°

Cara Pengujian

Pengujian model turbin angin poros vertikal ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM. Untuk mendapatkan sumber angin digunakan *stand fan* yang mempunyai tiga tingkat kecepatan. Pengujian terhadap kinerja turbin angin dilakukan dengan memvariasikan kecepatan angin dari *stand fan*.





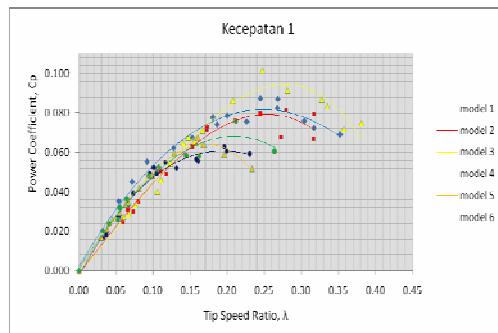
Gambar 12. Skema instalasi pengujian turbin angin poros vertikal

Hasil Dan Pembahasan

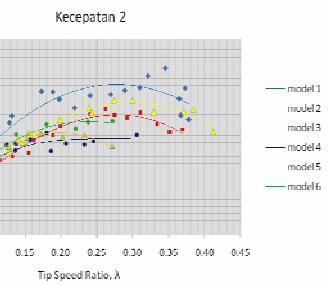
Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :

1. Perbandingan Grafik $C_p - \lambda$ dari Pengujian

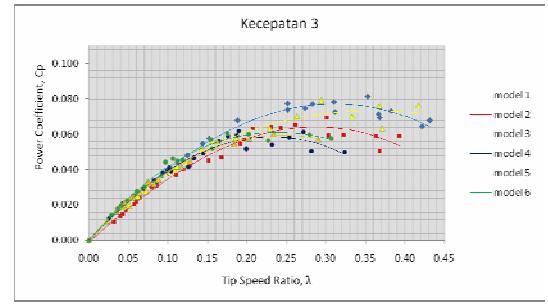
Variasi kecepatan angin yang digunakan pada pengujian turbin angin ini adalah kecepatan angin: 4,92 m/s, 5,81 m/s, dan 6,35 m/s. Dari ketiga kecepatan angin tersebut masing-masing digunakan untuk memutar turbin angin dengan beberapa variasi yang telah disebutkan.



Gambar 13. Grafik C_p terhadap λ dari pengujian semua model untuk kecepatan 4,92 m/s



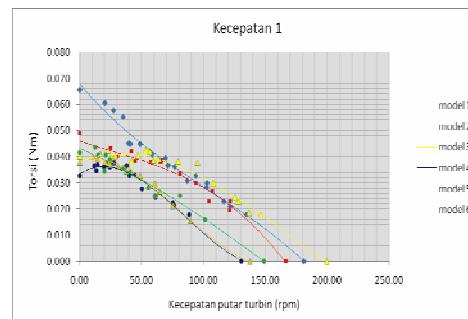
Gambar 14. Grafik C_p terhadap λ dari pengujian semua model untuk kecepatan 5,81 m/s



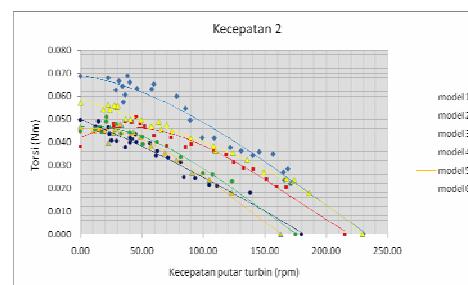
Gambar 15. Grafik C_p terhadap λ dari pengujian semua model untuk kecepatan 6,35 m/s

2. Hubungan Torsi (T) Terhadap Putaran Turbin

Gambar 16. menunjukkan grafik hubungan antara torsi dengan putaran turbin yang dihasilkan. Ketika beban di tambahkan, putaran turbin akan menurun, torsi yang dihasilkan semakin meningkat. Persebaran data, tiap-tiap variasi kecepatan angin, untuk turbin angin dengan dua sudu berada di atas dari data yang dimiliki untuk turbin angin dengan tiga sudu. Semakin besar kecepatan angin, maka torsi yang dihasilkan juga semakin besar.

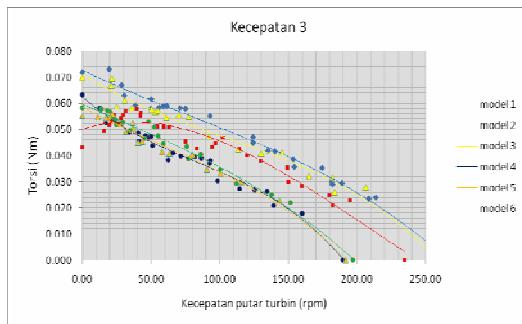


Gambar 16. Grafik T - rpm untuk kecepatan 4,92 m/s



Gambar 17. Grafik T - rpm untuk kecepatan 5,81 m/s



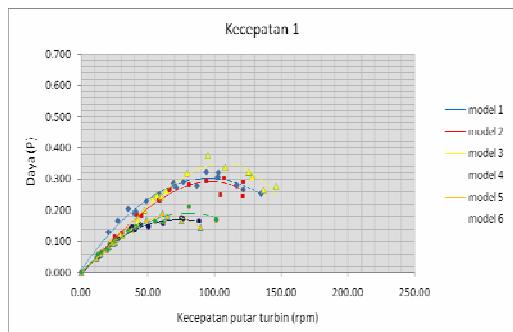


Gambar 18. Grafik T - rpm untuk kecepatan $6,35 \text{ m/s}$

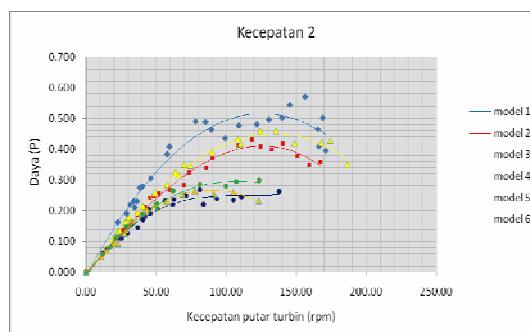
3. Hubungan Daya (P) Terhadap Putaran Turbin

Gambar 18. menunjukkan grafik hubungan antara daya turbin terhadap putaran turbin. Daya turbin maksimum yang dihasilkan oleh model turbin angin dengan dua sudu adalah $0,6451 \text{ watt}$, yaitu pada model 1, pada putaran rotor sekitar $174,7 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$. Kemudian menurun pada putaran di atas $174,7 \text{ rpm}$.

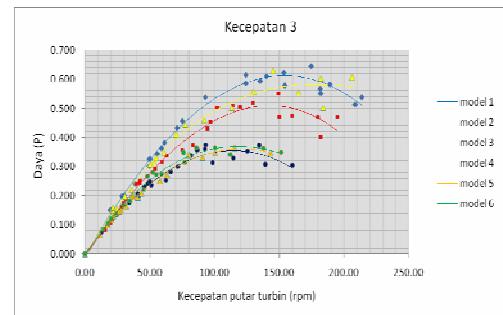
Sedangkan daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dengan tiga sudu adalah $0,3718 \text{ watt}$, yaitu pada model 4, pada putaran rotor sekitar $134,4 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$, daya menurun pada putaran $134,4 \text{ rpm}$ ke atas.



Gambar 19. Grafik P - rpm untuk kecepatan $4,92 \text{ m/s}$



Gambar 20. Grafik P - rpm untuk kecepatan $5,81 \text{ m/s}$



Gambar 21. Grafik P - rpm untuk kecepatan $6,35 \text{ m/s}$

Kesimpulan

Dari pengujian model turbin angin yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Turbin angin *savonius* U tiga tingkat dengan dua sudu yang memiliki rata-rata C_p paling tinggi adalah model 1 (masing-masing tingkat sejajar), sedangkan nilai C_p maksimum yang dicapai untuk turbin angin adalah model 3 (masing-masing tingkat turbin membentuk sudut 90°) sebesar $0,1016$ atau $10,16\%$ diperoleh pada saat *tip speed ratio* sebesar $0,2474$ dengan kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$.
2. Turbin angin *savonius* U tiga tingkat dengan tiga sudu yang memiliki rata-rata C_p paling tinggi adalah model 6 (masing-masing tingkat turbin membentuk sudut 60°), Nilai C_p maksimum yang dicapai untuk turbin angin dengan tiga sudu adalah model 6 sebesar $0,0755$ atau $7,55\%$ diperoleh pada saat *tip speed ratio* sebesar $0,2113$ dengan kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$.
3. Nilai $C_{p_{max}}$ turbin angin *savonius* dengan dua sudu lebih baik dibanding nilai $C_{p_{max}}$ turbin angin tiga sudu.
4. Torsi yang dihasilkan turbin angin *savonius* dengan dua sudu lebih baik dibanding torsi yang dihasilkan turbin angin tiga sudu. Semakin besar kecepatan angin, maka torsi yang dihasilkan juga semakin besar.
5. Daya turbin maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin dengan dua sudu adalah $0,6451 \text{ watt}$, yaitu pada model 1, pada putaran rotor sekitar $174,7 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$. Sedangkan daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dengan tiga sudu adalah $0,3718 \text{ watt}$, yaitu pada model 4, pada putaran rotor sekitar $134,4 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$.
6. Turbin angin hasil rancangan ini dapat dijadikan referensi untuk pengembangan



Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) selanjutnya, karena memiliki kinerja yang cukup.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pimpinan dan seluruh staf Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Dan Indusitri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan fasilitas dalam penelitian ini, juga terima kasih penulis sampaikan kepada saudara Mahfud Rosidi yang telah membantu jalannya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- De Renzo, D.J., 1979, *Wind Power Recent Development*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, USA.
- Hayashi, Tsutomu, Li, Yan dan Hara, Yutaka, 2005, *Wind Tunnel Tests on a Different Phase Three-Stage Savonius Rotor*, Department of Applied Mathematics and Physics, Faculty of Engineering, Tottori University, Japan.
- Menet, Jean-Luc, dan Bourabaa, Nachida, *Increase in the Savonius Rotors Efficiency via a Parametric Investigation*, Université de Valenciennes, France.
- Notogomo, Slamet, 2008, *Perancangan dan Pengujian Turbin Angin Poros Vertikal dengan Rotor Tipe Savonius dan Sudu Airfoil untuk Pembangkit Listrik*, Skripsi, Program Studi Teknik Mesin UGM, Yogyakarta.
- Priyanto, Patuh, 2008, *Analisis Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Bentuk Sudu Plat dan Airfoil*, Skripsi, Program Studi Teknik Fisika UGM, Yogyakarta.
- Sargolzaei, J., 2007, *Prediction of the Power Ratio in Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks*, International Journal of Energy and Environment, Department of Chemical Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Soelaiman, Tandian, N. P., dan Rosidin, N. , 2006, *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol*, Program Studi Teknik Mesin ITB, Bandung.



