

Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Plat Pengganggu Di Depan *Returning Blade* Turbin Angin Tipe Savonius Terhadap Performa Turbin

“Studi Kasus Untuk Rasio Lebar Plat Pengganggu Terhadap Diameter Turbin $(L/D) = 1,4144$ ”

Yoga Erry Priandika dan Triyogi Yuwono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: triyogi@me.its.ac.id

Abstrak—Energi Angin merupakan salah satu energi alternatif yang sangat menjanjikan jika dapat dimanfaatkan dengan baik. Pemanfaatan energi angin untuk diubah menjadi energi listrik dapat menggunakan turbin angin dan generator. Turbin angin tipe Savonius merupakan rotor angin dengan sumbu tegak (*vertical*) yang dikembangkan oleh Singuard J. Savonius pada tahun 1920. Salah satu kelemahan yang dimiliki turbin Savonius yaitu efisiensi yang rendah. Torsi dan putaran yang dihasilkan oleh turbin Savonius disebabkan oleh adanya perbedaan gaya drag pada *advancing blade* dan *returning blade*. Salah satu cara untuk meningkatkan performa turbin Savonius dapat dilakukan dengan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade*. Untuk meningkatkan performa turbin Savonius dengan diameter D sebesar 60 mm dan tinggi h sebesar 80 mm, sebuah plat dengan tebal 3 mm dan lebar 84,9 mm digunakan sebagai pengganggu yang diletakkan didepan *returning blade* turbin. Pengganggu tersebut diletakkan dengan pada sudut $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$. Penelitian ini dilakukan pada subsonic open circuit wind tunnel. Alat ini memiliki panjang 2980 mm, dengan test section 304 mm x 304 mm. Kecepatan free stream pada wind tunnel diatur sebesar 8,752 m/s, 10,94 m/s, 13,128 m/s, sesuai dengan Reynolds number $Re = 6.0 \times 10^4, 7.5 \times 10^4, 9.0 \times 10^4$ (berdasarkan panjang karakteristik $d = 2D-b$, dimana b adalah lebar diameter overlap dari kedua sudu turbin, dan kecepatan free stream). Kecepatan aliran udara diukur menggunakan static pitot tube yang dihubungkan dengan inclined manometer. Putaran turbin Savonius diukur menggunakan tachometer. Torsi statis diukur menggunakan torsi meter digital dan daya output dihasilkan dari pengukuran tegangan dan arus listrik yang dihasilkan generator yang dihubungkan dengan poros turbin. Untuk $Re = 60.000$, penggunaan plat dengan lebar $L/D = 1,4144$ pada posisi $\alpha = 40^\circ$ sebagai pengganggu didepan turbin Savonius, terbukti paling efektif untuk meningkatkan performa turbin Savonius. Pada posisi tersebut didapatkan nilai putaran yang dihasilkan turbin 1,67 kali lebih tinggi dan coefficient of power menjadi 14,6 kali lebih tinggi daripada yang dihasilkan turbin Savonius tanpa plat pengganggu. Sedangkan, untuk nilai torsi statis yang dihasilkan menjadi 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan turbin Savonius tanpa plat pengganggu pada $Re = 90.000$ dan posisi $\alpha = 0^\circ$.

Kata Kunci—sudut plat pengganggu, putaran turbin, torsi statis dan *coefficient of power*.

I. PENDAHULUAN

Krisis energi menjadi masalah serius yang sedang dihadapi dunia disebabkan sumber energi yang ada

sudah mulai menipis. Oleh sebab itu saat ini berbagai negara didunia berlomba membuat sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi. Salah satunya adalah energi angin [1]. Energi Angin merupakan salah satu energi alternatif yang sangat menjanjikan jika dapat dimanfaatkan dengan baik. Salah satu turbin angin yang dapat digunakan untuk menstransmisikan energi angin pada generator listrik adalah turbin Savonius. Pada turbin Savonius terdapat dua jenis *blade* yaitu *advancing blade* dan *returning blade*. Pada saat turbin Savonius konvensional bekerja, dorongan dari angin yang mengalir menyebabkan adanya gaya drag pada kedua *blade* turbin. Perbedaan gaya drag pada kedua *blade* tersebut menyebabkan adanya torsi yang dapat memutar turbin Savonius. Apabila torsi yang dihasilkan tersebut dikalikan dengan kecepatan angular turbin maka akan didapatkan daya turbin Savonius. Untuk memperbesar perbedaan gaya drag tersebut dapat dilakukan dengan cara memberi penghalang didepan *returning blade* sehingga dapat mengurangi gaya drag pada *blade* tersebut. Selain itu dapat juga dengan cara mengarahkan aliran udara dari sisi *returning blade* ke *advancing blade* sehingga dapat memperbesar gaya drag pada *advancing blade*.

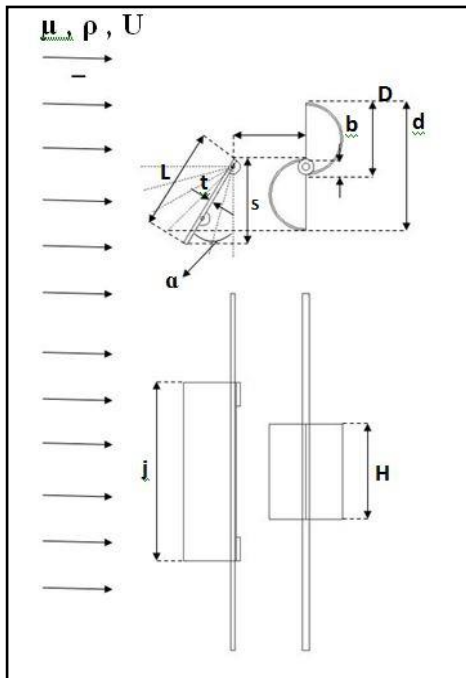
Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk meningkatkan performa turbin Savonius diantaranya dengan memberikan plat penghalang dan plat pengarah di depan *advancing blade*. Hasil yang didapatkan yaitu nilai daya terbesar terletak pada turbin Savonius dengan plat penghalang yang paling panjang dimana jika tanpa adanya plat penghalang turbin menghasilkan koefisien daya sebesar 0,16 dan dengan adanya penghalang koefisien dayanya naik sebesar 38,5% [2]. Selanjutnya pada penelitian dengan mensimulasikan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan variasi besar sudut plat (β) dan speed ratio (λ). Pada penelitian ini plat penghalang diletakkan pada posisi ($X_1/R = -1.2383, Y_1/R = -0.4539, X_2/R = -1.0999$ dan $Y_2/R = -1.1770$, dengan sudut $\beta = 100.8^\circ$). Hasil yang diperoleh adalah pada turbin Savonius yang telah diberi penghalang terjadi kenaikan daya output sebesar 38,9% pada $\lambda = 0,7$ dan juga terjadi kenaikan torsi sebesar 75,4% pada $\lambda = 1,4$ dibandingkan tanpa pemberian plat pengganggu [3]. Pada penelitian dengan membandingkan antara turbin Savonius yang

menggunakan dua sudu dan tiga sudu dimana masing-masing turbin diberi plat penghalang didepan *returning blade* dengan variasi besar sudut plat (β) dan speed ratio (λ). Analisa dalam penelitian ini digunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Hasil yang didapat adalah adanya pemberian plat penghalang meningkatkan koefisien daya yang dihasilkan sebesar 27,3% pada turbin Savonius dengan menggunakan dua sudu dan meningkatkan koefisien daya sebesar 27,5% pada turbin Savonius dengan menggunakan tiga sudu [4].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meningkatkan performa turbin Savonius dengan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* turbin untuk mengurangi gaya drag pada *blade* tersebut dan juga dapat mengarahkan aliran didepan *returning blade* menuju *advancing blade*. Performa yang diukur meliputi putaran, torsi statis dan *coefficient of power*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik aliran fluida pada penelitian ini adalah densitas fluida (ρ), viskositas fluida (μ), kecepatan fluida (U_∞), diameter sudu turbin Savonius (D), lebar plat pengganggu (L), tinggi turbin savonius (H), diameter overlap (b) dan sudut plat pengganggu (α). Skema penelitian dan parameter-parameter pengujian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Penelitian

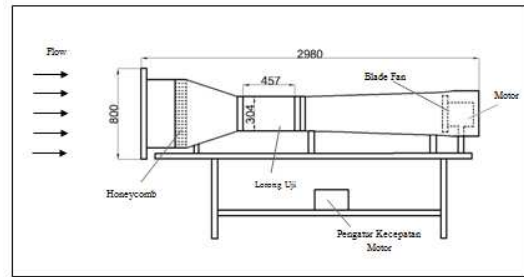
A. Spesifikasi Wind Tunnel

Pada penelitian ini menggunakan wind tunnel untuk menguji benda kerja dalam skala model. Skema wind tunnel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.

Jenis wind tunnel : subsonic, open circuit wind tunnel

Bentuk saluran uji: penampang segi 8

- Panjang : 457 mm
- Tinggi : 304 mm
- Lebar : 304 mm

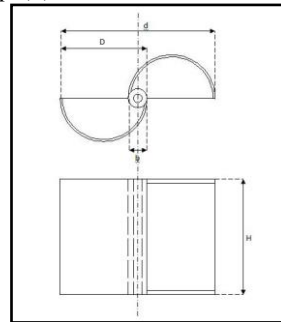


Gambar 2. Skema Wind Tunnel Sub Sonic

B. Benda Uji

1) Profil turbin angin tipe Savonius dapat dilihat pada gambar 3. Dengan dimensi sebagai berikut :

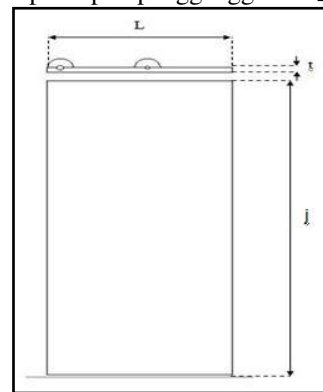
- Diameter (D) : 60 mm
- Tinggi (H) : 80 mm
- Overlap (b) : 14 mm



Gambar 3. Turbin Angin Savonius

2) Profil Plat Pengganggu dapat dilihat pada gambar 4. Dengan dimensi sebagai berikut :

- Lebar (L) : 84,864 mm
- Tinggi (j) : 150 mm
- Tebal (t) : 3 mm
- Sudut putar plat pengganggu : $0^\circ \geq \alpha \geq 90^\circ$



Gambar 4. Plat sebagai Pengganggu

C. Alat Ukur

1) *Tachometer*

Tachometer yang digunakan yaitu **Economical Non-Contact Pocket Optical Tachometer OMEGA seri HHT12**.

2) *Torque meter*

Torque meter yang digunakan yaitu **LUTRON model : TQ-8800**.

3) *Multimeter*

Multimeter yang digunakan yaitu **Sanwa Multimeter Digital CD-771**.

4) *Pitot Static Tube*

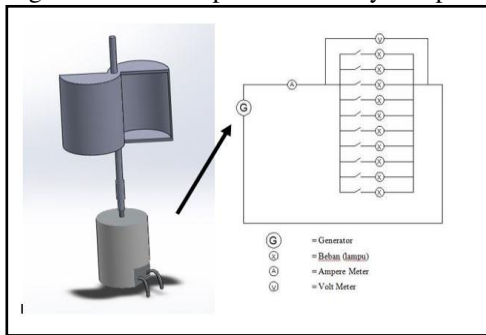
5) *Manometer*

Inclined manometer 15° dengan fluida red oil SG=0,82

6) Termometer

D. Metode Pengukuran Daya

Pada penelitian ini untuk mengukur daya output yang dihasilkan turbin Savonius digunakan generator listrik seperti yang terlihat pada gambar 5. Poros turbin Savonius akan dihubungkan dengan poros generator listrik menggunakan *flexible coupling*. Output dari generator listrik akan diteruskan untuk menhidupkan beban berupa lampu. Banyaknya beban (lampu) dapat diatur menggunakan saklar untuk mendapatkan nilai daya terbesar. Pada rangkaian beban diukur nilai tegangan dan arus listrik yang akan digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai daya output.

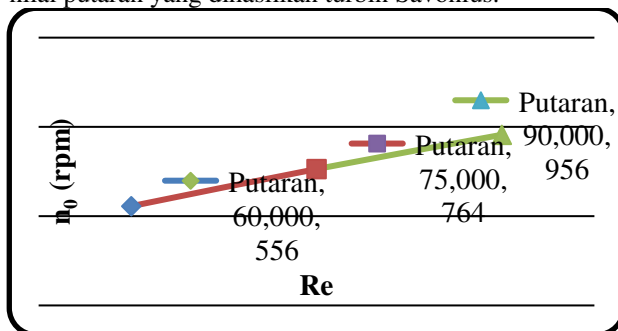


Gambar 5. Skema Rangkaian Pengukuran Daya

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

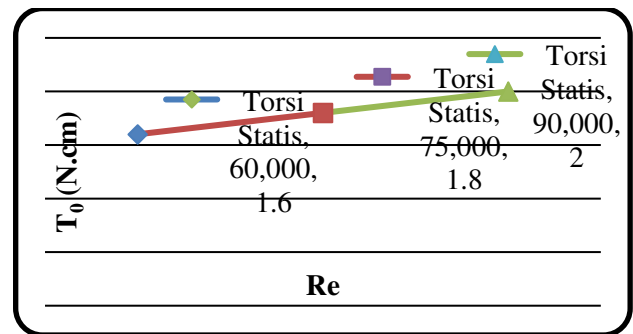
A. Analisa Nilai Putaran sebagai Fungsi Reynolds Number pada Turbin Savonius Tanpa Plat Pengganggu

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai putaran yang dihasilkan turbin Savonius selalu naik seiring dengan naiknya Reynolds Number. Hal ini disebabkan karena dengan naiknya Reynolds Number maka kecepatan aliran fluida juga akan meningkat. Semakin besar kecepatan aliran fluida maka selisih gaya drag yang diterima kedua blade akan semakin besar. Semakin besar selisih gaya drag yang diterima blade turbin maka semakin besar pula nilai putaran yang dihasilkan turbin Savonius.



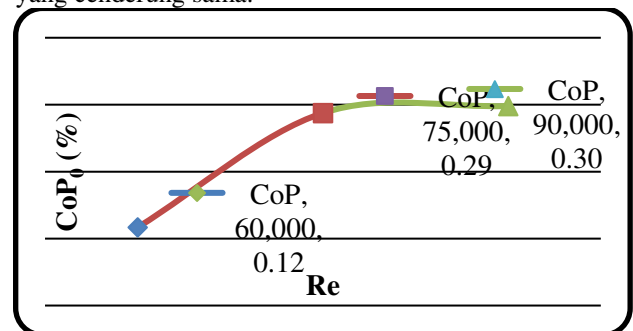
Gambar 6. Grafik putaran turbin Savonius tanpa plat pengganggu (n_0) sebagai fungsi Bilangan Reynolds (Re)

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai torsi statis yang dihasilkan oleh turbin Savonius pada posisi tegak lurus aliran udara mengalami kenaikan seiring dengan naiknya Reynolds Number. Hal ini diakibatkan dengan naiknya Reynolds Number maka kecepatan aliran udara juga akan semakin meningkat. Semakin besar kecepatan aliran udara maka selisih gaya drag yang diterima blade juga akan semakin besar. Semakin besar selisih gaya drag yang mengenai kedua blade turbin Savonius maka torsi statis yang ditimbulkan akan semakin besar pula.



Gambar 7. Grafik torsi statis turbin Savonius tanpa plat pengganggu (T_0) sebagai fungsi Bilangan Reynolds (Re)

Pada gambar 8 terlihat bahwa pada Reynolds Number 60.000 nilai *coefficient of power* yang dihasilkan turbin Savonius paling kecil. Hal ini menunjukkan pada kecepatan aliran udara rendah, efisiensi dari turbin Savonius ini juga sangat rendah. Pada Reynolds Number 75.000 dan 90.000 memiliki nilai *coefficient of power* yang cenderung sama.

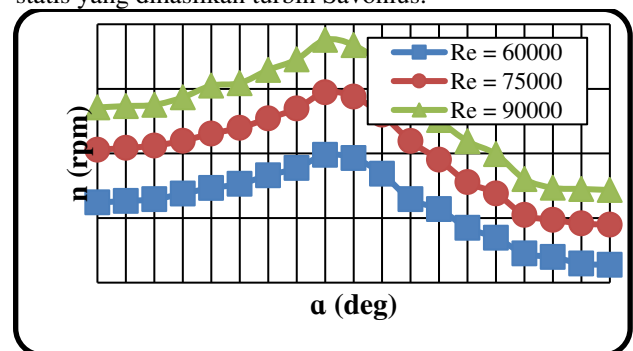


Gambar 8. Grafik nilai *coefficient of power* turbin Savonius tanpa plat pengganggu (C_0P_0) sebagai fungsi Bilangan Reynolds (Re)

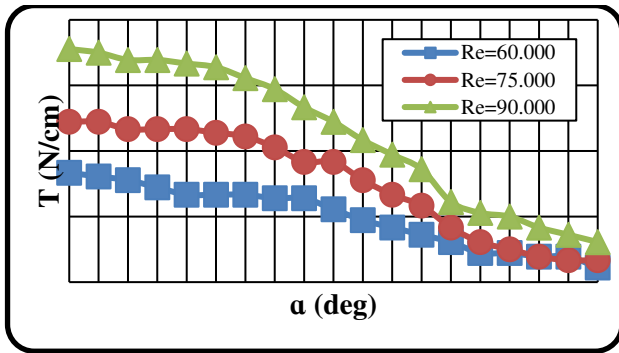
Pada Reynolds Number 75.000 turbin Savonius menghasilkan daya output yang lebih kecil daripada jika menggunakan Reynolds Number 90.000. Nilai daya input dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara sehingga jika menggunakan Reynolds Number 75.000 memiliki daya input yang lebih kecil daripada jika menggunakan Reynolds Number 90.000. Dengan didapatkan hasil *coefficient of power* yang relatif sama, maka hal ini menunjukkan pada Reynolds Number tersebut turbin bekerja dengan tingkat efisiensi yang relatif sama

B. Data Performa Turbin Savonius dengan Penambahan Plat Pengganggu di Depan Returning Blade

Pada gambar 9 dan 10 menunjukkan bahwa untuk setiap sudut plat yang sama peningkatan nilai Reynolds Number diikuti dengan peningkatan putaran dan torsi statis yang dihasilkan turbin Savonius.

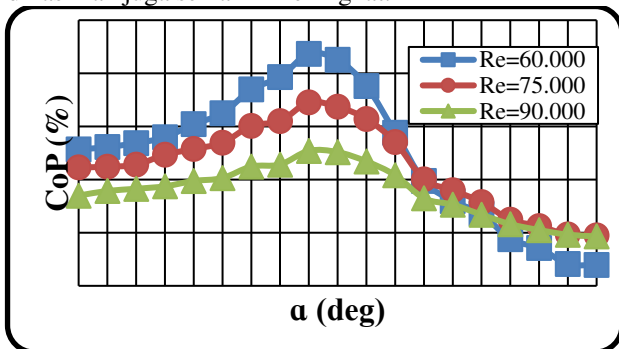


Gambar 9. Grafik nilai putaran yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi sudut plat pengganggu



Gambar 10. Grafik nilai torsi statis yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi sudut plat pengganggu

Hal tersebut disebabkan dengan peningkatan nilai *Reynolds Number* maka kecepatan aliran udara juga akan meningkat. Meningkatnya kecepatan aliran udara akan berpengaruh terhadap gaya drag yang diterima kedua blade turbin Savonius. Semakin besar selisih gaya drag yang diterima kedua blade turbin Savonius maka nilai putaran dan torsi statis yang dihasilkan juga akan semakin besar. Dengan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* Turbin Savonius terjadi peningkatan nilai putaran dan torsi statis yang dihasilkan turbin. Plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius akan menghalangi aliran udara yang menuju *returning blade* sehingga akan memperkecil gaya drag pada blade tersebut. Adanya plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius juga dapat mengarahkan aliran udara didepan *returning blade* menuju *advancing blade* sehingga menambah gaya drag pada *advancing blade*. Dengan berkurangnya gaya drag pada *returning blade* dan meningkatnya gaya drag pada *advancing blade* maka selisih gaya drag pada kedua blade juga akan meningkat. Sehingga putaran dan torsi statis yang dihasilkan juga semakin meningkat.

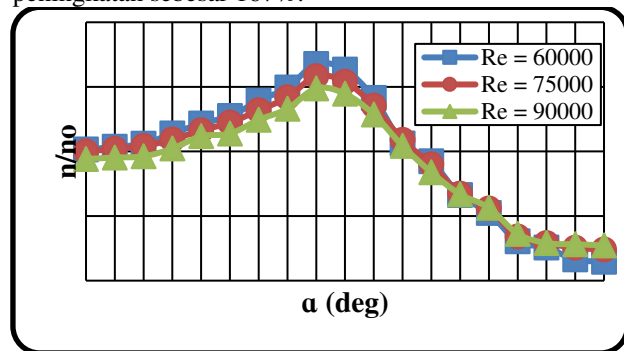


Gambar 11. Grafik nilai *Coefficient of Power* yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi sudut plat pengganggu

Pada gambar 11 menunjukkan nilai *coefficient of power* turbin Savonius ketika diletakkan plat pengganggu di depan *returning blade* turbin. *Coefficient of power* merupakan perbandingan antara daya output yang dihasilkan turbin Savonius terhadap daya input yang berasal dari aliran udara. Pada hasil *coefficient of power* yang didapatkan, *Reynolds Number* 60.000 memiliki nilai yang paling besar diikuti 75.000 dan 90.000. Hasil tersebut diakibatkan walaupun dengan penambahan nilai *Reynold Number* dapat meningkatkan daya output yang dihasilkan oleh turbin Savonius tetapi kenaikan daya output turbin yang dihasilkan tidak sebanding dengan kenaikan daya input yang diberikan untuk menaikkan nilai *Reynolds Number*. Pada penelitian ini didapatkan nilai *coefficient of power* terbesar yaitu 2,18% pada *Reynolds Number* 60.000 dan sudut plat pengganggu 40°.

Nilai tersebut jauh dari *coefficient of power* maksimal yang dapat dihasilkan turbin Savonius secara teoritis yaitu sebesar 18%. Hal ini diakibatkan penggunaan motor listrik untuk pengukuran daya output yang dihasilkan turbin Savonius. Motor listrik yang digunakan memiliki efisiensi yang sangat kecil sehingga daya output yang dihasilkan memiliki nilai yang sangat kecil.

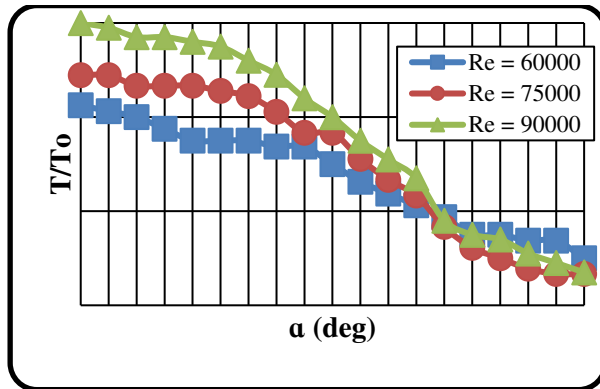
Pada gambar 12 terlihat bahwa semua nilai $n/n_0 > 1$ sehingga hal tersebut menunjukkan putaran turbin meningkat bila didepan *returning blade* diberi plat pengganggu. Dengan penggunaan plat pengganggu $L/D = 1,4144$ didapatkan nilai putaran terbesar yang dihasilkan oleh turbin Savonius terjadi pada sudut plat pengganggu 40° terhadap bidang tegak lurus aliran udara. Pada sudut tersebut dengan *Reynolds Number* 60.000 terjadi kenaikan nilai putaran dari 556 rpm tanpa pemberian plat pengganggu dan meningkat menjadi 1488 rpm dengan pemberian plat pengganggu sehingga terjadi peningkatan sebesar 167%.



Gambar 12. Grafik peningkatan nilai putaran yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi sudut plat pengganggu

Pemberian sudut plat pengganggu selain berfungsi untuk memperkecil gaya drag pada *returning blade* juga dapat berfungsi untuk mengarahkan aliran udara di depan *returning blade* menuju *advancing blade* sehingga kecepatan udara yang menuju *advancing blade* menjadi semakin besar. Hal itu menyebabkan selisih gaya drag pada *advancing blade* dan *returning blade* juga akan semakin besar. Dengan demikian maka putaran yang dihasilkan juga semakin meningkat. Setelah sudut 40° putaran yang dihasilkan turbin savonius semakin menurun. Hal itu disebabkan dengan sudut lebih besar daripada 40° terdapat aliran udara yang tidak terhalang plat pengganggu dan mengenai *returning blade* turbin Savonius sehingga akan menyebabkan adanya gaya drag yang bekerja pada *returning blade*. Hal itu akan memperkecil gaya drag pada *advancing blade*.

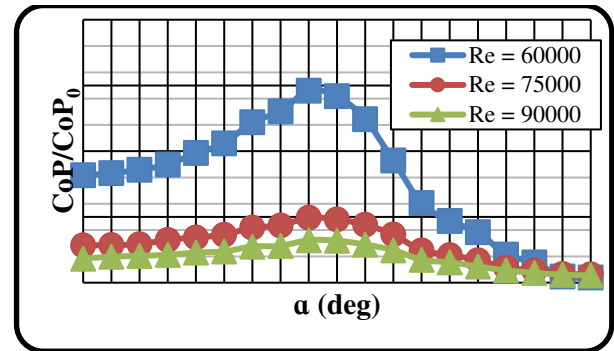
Nilai perbandingan antara torsi statis yang dihasilkan oleh turbin Savonius dengan pemberian plat pengganggu dan torsi statis yang dihasilkan tanpa plat pengganggu (T/T_0) selalu memiliki nilai diatas 1 seperti yang terlihat pada menunjukkan bahwa dengan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius dapat meningkatkan nilai torsi statis yang dihasilkan. Peningkatan tersebut diakibatkan karena dengan adanya plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius akan mengurangi gaya drag yang bekerja pada *returning blade* turbin. Sehingga selisih gaya drag pada kedua blade akan meningkat.



Gambar 13. Grafik nilai peningkatan torsi statis yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi sudut plat pengganggu

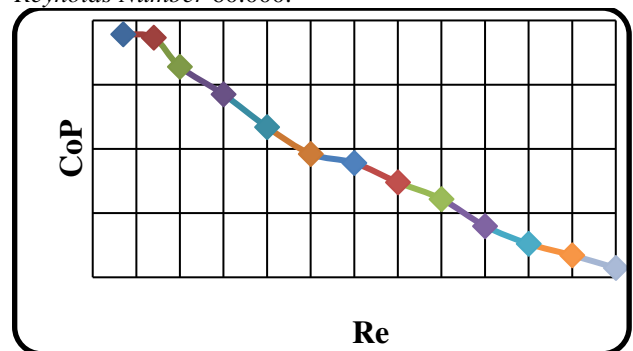
Dengan meningkatnya selisih gaya drag pada kedua *blade* maka akan meningkat pula torsi statis yang dihasilkan. Adanya plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius juga dapat mengarahkan aliran udara didepan *returning blade* menuju *advancing blade* sehingga menambah gaya drag pada *advancing blade*. Dengan meningkatnya gaya drag pada *advancing blade* maka selisih gaya drag pada kedua *blade* juga akan meningkat. Sehingga torsi statis yang dihasilkan juga semakin meningkat. Pada gambar 13 terlihat bahwa ketiga grafik pengujian memiliki *trendline* yang selalu turun. Hal ini dapat diakibatkan karena torsi statis dipengaruhi oleh gaya dan panjang lengan torsi. Dengan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius maka dapat mengarahkan aliran udara yang menuju *advancing blade*. Hal itu juga selain mempengaruhi besar gaya drag yang bekerja pada turbin Savonius juga berpengaruh terhadap letak pusat gaya drag. Karena pada penelitian ini diukur nilai torsi statis pada posisi turbin tegak lurus dengan aliran udara maka semakin besar sudut antara plat pengganggu mengakibatkan letak pusat gaya drag aliran udara yang diarahkan oleh plat pengganggu menuju *advancing blade* semakin mendekati poros turbin. Sehingga lengan torsi yang ditimbulkan juga akan semakin mengecil dan torsi statis yang dihasilkan juga akan semakin kecil. Dengan demikian pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* turbin savonius untuk meningkatkan nilai torsi statis yang dihasilkan paling efektif di letakkan pada posisi sudut plat 0° dan *Reynolds Number* 90.000 dengan nilai peningkatan torsi statis maksimum sebesar 150%.

Pada gambar 14 menunjukkan bahwa perbandingan CoP/CoP_0 selalu memiliki nilai diatas satu. Hal itu menunjukkan bahwa dengan pemberian plat pengganggu didepan *returning blade* turbin Savonius dapat meningkatkan nilai *coefficient of power* yang dihasilkan turbin. Pada ketiga *Reynolds Number* memiliki tingkat kenaikan nilai *coefficient of power* yang berbeda-beda disebabkan oleh efisiensi yang dimiliki turbin Savonius. *Coefficient of power* terbesar yang dihasilkan turbin Savonius dengan pemberian plat pengganggu $L/D = 1,4144$ terdapat pada sudut 40° untuk *Reynolds Number* 60.000 dengan kenaikan sebesar 1459%.



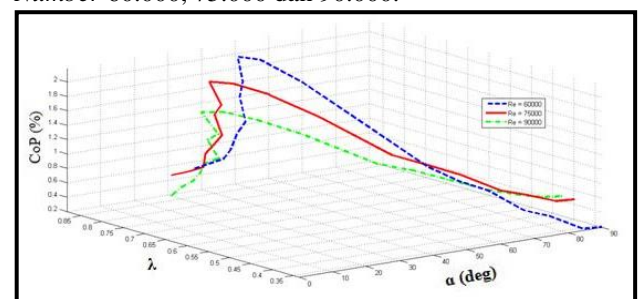
Gambar 14. Grafik peningkatan nilai *Coefficient of Power* yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi sudut plat pengganggu

Pada sudut plat pengganggu 40° untuk berbagai *Reynolds Number* didapatkan grafik seperti pada gambar 15. Dari gambar 15 terlihat bahwa nilai *coefficient of power* yang dihasilkan turbin Savonius selalu menurun pada *Reynolds Number* 47.000 hingga 100.000. Hal ini diakibatkan pada *Reynolds Number* diatas 47.000 efisiensi yang dimiliki turbin Savonius semakin menurun. Sehingga pada penelitian ini yang menggunakan *Reynolds Number* 60.000, 75.000 dan 90.000 *coefficient of power* terbesar didapatkan pada *Reynolds Number* 60.000.



Gambar 15. Grafik nilai *coefficient of power* yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi *Reynolds Number* pada sudut plat pengganggu 40°

Pada gambar 16 menunjukkan grafik nilai *coefficient of power* turbin savonius sebagai fungsi *tip speed ratio* dengan variasi sudut plat pengganggu dari 0° sampai 90° dengan kenaikan 5° dan dilakukan pada *Reynolds Number* 60.000, 75.000 dan 90.000.



Gambar 16. Grafik nilai *coefficient of power* yang dihasilkan turbin Savonius sebagai fungsi *tip speed ratio*

Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa ketiga *Reynolds Number* memiliki *trendline* grafik yang sama dimana semakin besar *tip speed ratio* yang dihasilkan oleh turbin Savonius maka *coefficient of power* yang dihasilkan juga semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan grafik nilai *coefficient of power* sebagai fungsi *tip speed ratio* pada penelitian Albert Betz dalam buku [5] bahwa nilai *coefficient of power* sebagai fungsi *tip speed ratio* untuk turbin Savonius akan selalu meningkat

sampai titik tertentu kemudian turun kembali. Pada penelitian ini diperkirakan hasil *coefficient of power* dan *tip speed ratio* masih belum melewati titik puncak tersebut sehingga grafik yang diperoleh menunjukkan *coefficient of power* elalu meningkat seiring dengan meningkatnya *tip speed ratio*. Hal tersebut berlaku untuk *Reynolds Number* 60.000, 75.000 dan 90.000.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan tentang hasil penelitian pengaruh sudut plat pengganggu didepan *returning blade* turbin tipe Savonius terhadap performa turbin didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Pemberian plat pengganggu dengan $L/D=1,4144$ didepan *returning blade* turbin Savonius dapat meningkatkan kinerja turbin Savonius yang diteliti ditandai dengan meningkatnya nilai putaran, torsi statis, dan *coefficient of power* yang dihasilkan turbin pada semua sudut plat pengganggu.
2. Plat pengganggu dengan $L/D=1,4144$ paling efektif digunakan untuk meningkatkan putaran turbin Savonius bila diletakkan pada sudut 40° dan *Reynolds Number* 60.000 dengan kenaikan mencapai 1,6 kali.
3. Plat pengganggu dengan $L/D=1,4144$ paling efektif digunakan untuk meningkatkan torsi statis turbin Savonius bila diletakkan pada sudut 0° dan *Reynolds Number* 90.000 dengan kenaikan mencapai 1,5 kali.
4. Plat pengganggu dengan $L/D=1,4144$ paling efektif digunakan untuk meningkatkan *coefficient of power* turbin Savonius bila diletakkan pada sudut 40° dan *Reynolds Number* 60.000 dengan kenaikan mencapai 14,6 kali.

B. Saran

Dalam melakukan pengukuran daya yang dihasilkan turbin Savonius diharapkan melakukan dengan cara lain agar didapatkan nilai *coefficient of power* yang lebih besar. Jika menggunakan cara seperti pada penelitian ini maka nilai efisiensi yang didapatkan akan sangat kecil karena dipengaruhi oleh efisiensi motor listrik yang sangat kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada Allah SWT dan Rasulullah, kedua orang tua, dosen pembimbing Prof. Dr. Ir. Triyogi Yuwono, DEA dan seluruh pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Global Wind Energy Council (GWEC) – global trends. <<http://www.gwec.net/index.php?id=13>>
- [2] D. Altan, M. Atilgan, dan A. Ozdamar. 2008. *An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining*. *Experimental Thermal and Fluid Science*; 32 (2008) 1673–1678.
- [3] Thevenin, M.H. Mohamed, G. Janiga, dan E. Pap. 2010. *Optimal blade shape of a modified Savonius turbine using an obstacle shielding the returning blade*. *Energy Conversion and Management*; 52 (2011) 236–242.
- [4] M. H. Mohamed, G. Janiga, E. Pap, dan D. Thevenin. 2010. *Optimization of Savonius turbines using an obstacle shielding the returning blade*. *Renewable Energy*; 35 (2010) 2618-2626.
- [5] Fox, Robert W. dan Mc. Donald, Alan T. 1998. *Introduction to fluid Mechanics, 5th edition*, John Wiley and Son, Inc.