



Uji performance turbin savonius dengan penambahan konsentrator pada aliran air

Ida Bagus Alit, Sapri, I Made Mara*

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kode Pos : 83125, Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087.

*Email: sapril.arikanoshi@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received

Accepted

available online

Keywords:

Water energy

Turbine Savonius

Concentrator

Coefficient Performance

Efficiency system.

ABSTRACT

Utilization of water energy is essentially using potential energy and kinetic energy, kinetic energy flow of water which is a transformation of gravitational potential energy is used to drive turbines or waterwheels, Savonius turbine has a good Self Starting so it can rotate the rotor even though the fluid speed is low, the same thing the speed of the water flow has a low speed.

The purpose of this research is to know the influence of the number of blades on rotation of rotor (n), Torque (T), Rotor power (P), Coefficient of performance (CP), Efficiency system (η_s), in this study the number of blades used are 2 blades, 3 blades and blades, the blades are then tested without the use of concentrator and by the addition of concentrator

The results of this study indicate that the turbine without concentrator or by using the addition of concentrator obtained the best performance on the number of blade 3 with average CP of 0,12 and 0,13 efficiency system of 9,83% and 11,75% then with the number of blades 2 with CP averaging of 0,10 and 0,11 of efficiency system of 8,73% and 11,00% and the number of 4 blades with CP averaged 0,06 and 0,07 and efficiency system of 3,91% and 4,76%. Using the addition of concentrator may increase the performance of the turbine in water flow savonius seen from the increasing value of CP and system efficiency at each number of blades tested.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan infrastruktur dan ekonomi, kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin hari semakin meningkat. Hal ini dikarenakan listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia di dunia pada umumnya dan khususnya di

Indonesia. Tanpa adanya listrik, akan sulit bagi kita untuk mengembangkan suatu aktivitas. Disisi lain, pembangkit listrik yang digunakan di Indonesia saat ini sebagian besar merupakan pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Apabila Indonesia terus

bergantung dengan sumber energi ini, tentu saja hanya akan menimbulkan permasalahan dikemudian hari yakni krisis energi.

Sebagaimana kita ketahui bahwa bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, selain itu juga penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi listrik juga berefek pada peningkatan kadar emisi gas buang (CO₂) di udara yang dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. Sehingga dunia pada umumnya dan Indonesia secara khususnya dituntut untuk menggunakan energi yang bersifat *Continue* dan dapat diperbaharui serta ramah lingkungan.

Penerapan energi baru terbarukan merupakan solusi permasalahan energi yang sedang dialami. Kelebihan dari energi ini adalah ramah lingkungan dan berkelanjutan. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan hingga 200.000 MW. Namun sampai saat ini, Indonesia baru menggunakan 6,8% dari total potensi yang ada. Target pemerintah pada tahun 2025 2050. Indonesia dapat menggunakan 23%-31% dari total potensi yang ada (Kementerian ESDM, 2014).

Energi terbarukan yang memiliki sumber daya paling tinggi adalah hidro. Namun kapasitas yang terpasang dari sumber daya ini masih rendah yaitu 10,81% dari total sumber daya air yang tersedia. Oleh sebab itu, pemanfaatan energi air harus terus ditingkatkan (Kementerian ESDM, 2014).

Turbin *Savonius* pada aliran air dapat berputar pada kecepatan aliran air yang rendah sekitar 0,45 m/s (Golecha, 2012).

DASAR TEORI

Sistem konversi energi air

Selain memanfaatkan air jatuh, energi air atau (*hydropower*) dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik berdasarkan persamaan

$$Ek = \frac{1}{2} . m . v^2 \quad (1)$$

Dimana energi kinetik adalah aliran air datar yang mengalir (joule) dengan *m* adalah massa fluida yang ditimbang (kg) dengan *v* adalah kecepatan aliran air (m/s) yang diukur menggunakan *water current meter*

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

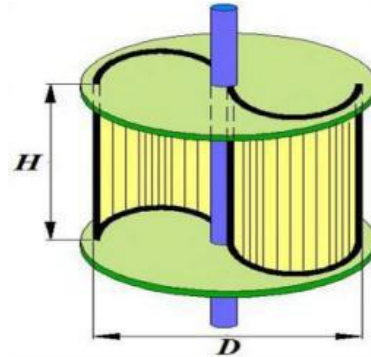
$$P_{air} = \frac{1}{2} . \rho . Q . v^2 \quad (2)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas $Q = A . v$ maka

$$P_{air} = \frac{1}{2} . \rho . A . v^3$$

dimana daya air yang diperoleh adalah dari potensi

aliran air yang mengalir (watt) dengan *A* sebagai luas daerah sapuan rotor (m²). Luas daerah sapuan untuk turbin Savonius dapat dihitung dari dimensi rotor sebagai berikut :



Gambar 1 Skematik rotor Savonius

$$A = H . D \quad (3)$$

Dimana *A* adalah luasan daerah sapuan rotor (m²) dengan *H* adalah ketinggian dari sudu turbin (m) dan *D* adalah diameter dari turbin (m).

Daya Rotor

$$P_{rotor} = T . \omega = F . \frac{Df+dr}{2} \quad \omega = (2\pi n/60) \quad (4)$$

Dimana Daya rotor adalah daya dari rotor (watt) yang diukur setelah mengalami pembebanan, dengan Torsi (N) dapat dihitung menggunakan beban pengereman *m1* (kg) dan *m2* (kg) dikali dengan diameter poros dan diameter tali (*radius pulley*), dimana ω kecepatan sudut (rad/s) dan *n* adalah putaran rotor (rpm) yang diukur menggunakan *tachometer* pada poros turbin.

Coefficient Performance (CP)

Koefisien *performance* ialah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh rotor dengan daya air, Persamaan koefisien daya sebagai berikut :

$$CP = \frac{\text{Daya rotor}}{\text{Daya air}} \quad (5)$$

Dimana daya rotor adalah (watt) yang diperoleh menggunakan persamaan Torsi (Nm) dikali kecepatan sudut ω (rad/s).

Tip speed ratio (TSR)

Tip speed ratio adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan air bebas. Untuk kecepatan air dengan nominal yang tertentu maka *Tip Speed Ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. *Tip Speed Ratio* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$TSR = \frac{\pi D n}{60 v}$$

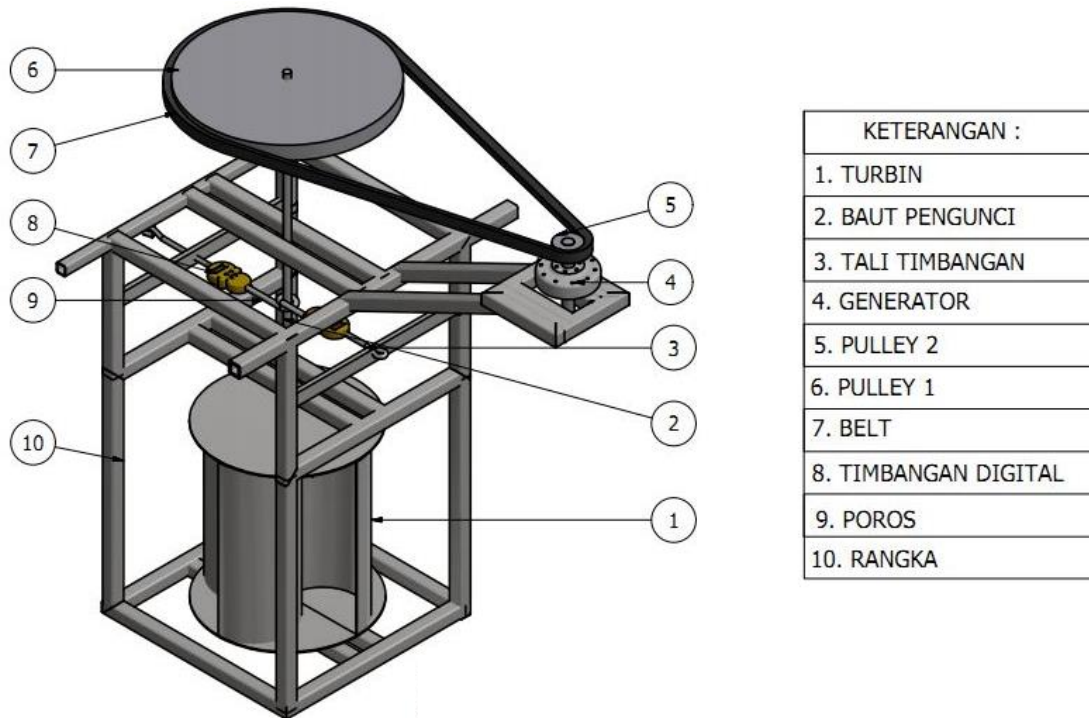
Dimana *TSR* Tipe Speed Rasio yaitu satuan tanpa dimensi yang menyatakan kecepatan putar dari rotor yaitu diujung rotor

Dengan (π) adalah mempunyai nilai setengah putaran lingkaran 180° phi radian 3,14 dengan D adalah diameter dari rotor yang digunakan (m) dan n putaran pada rotor yang diukur menggunakan *tachometer* (rpm) dimana v adalah kecepatan aliran air (m/s) yang diukur menggunakan *water current meter*

Kemampuan sistem tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_s = \frac{\text{Daya Listrik}}{\text{Daya air}} \quad (7)$$

Dimana daya listrik (watt) diperoleh dari tegangan (volt) dan arus (ampere) setelah diberikan beban lampu



Gambar 2. Skema alat penelitian

Daya Listrik

Dengan mengukur besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya listrik. Daya listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_i = V \times I \quad (6)$$

Dimana P_i adalah daya listrik (watt) yang diperoleh dari tegangan dengan arus dimana V adalah tegangan yang diperoleh dari generator yang diukur menggunakan volt ampere meter, dengan I Arus (Ampere) adalah muatan Coulumb yang mengalir per satuan waktu, arus diperoleh dari beban yang diberikan pada lampu yaitu dengan menggunakan volt ampere meter.

Efisiensi sistem

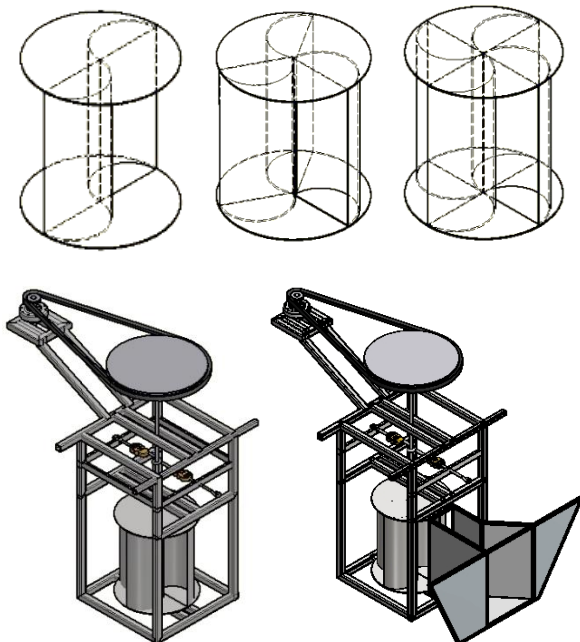
Efisiensi Sistem merupakan perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan daya yang diberikan oleh air. Pada efisiensi sistem ini menunjukkan kemampuan sistem mengubah energi air menjadi energi listrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian didefinisikan sebagai penyelidikan yang sistematis terorganisir pada fakta atau data, kritis, dan ilmiah terhadap permasalahan yang dilakukan untuk mendapatkan penyelesaian yang objektif, Sedangkan metode penelitian didefinisikan sebagai cara-cara yang digunakan dalam merancang penelitian ini, pengumpulan data, dan analisis data serta cara-cara pengambilan kesimpulan. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental, yaitu melakukan pengujian langsung terhadap alat uji agar memperoleh data-data yang diinginkan untuk menjawab/menyelesaikan permasalahan.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah turbin yang digunakan yaitu turbin Savonius dengan jumlah sudu 2, 3, dan 4 diuji dengan tanpa konsentrator dan dengan menggunakan penambahan konsentrator dengan jumlah sudu yang sama yaitu 2, 3, dan 4 pada turbin, dengan tujuan untuk mengarahkan aliran air agar langsung

mengenai bagian cekung sudu turbin, sedangkan variabel terikatnya adalah putaran, torsi, daya rotor, *Coefficient performance* dan efisiensi sistem

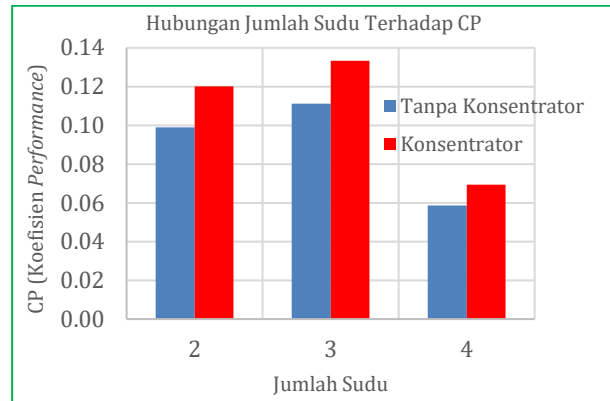


Gambar 3 Variasi jumlah sudu dan pengujian tanpa konsentrator dan menggunakan penambahan konsentrator

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter-parameter yang diukur dalam penelitian ini antara lain adalah seperti v atau kecepatan aliran air (m/s) yang diukur menggunakan *current meter*, kemudian beban pengereman (m) yang diperoleh menggunakan hasil pembacaan dari timbangan digital 1 dan timbangan digital 2 (Kg), kemudian arus I (ampere) dan tegangan V (volt) yang diperoleh dari hasil pembacaan alat ukur *volt ampere meter*. Dalam penelitian ini tujuan yang ingin dihitung adalah daya air (watt), torsi (Nm), dan daya rotor (watt) untuk mendapatkan hasil *coefficient performance*, dan untuk mendapatkan hasil dari efisiensi sistem adalah menghitung daya air yang dihasilkan dengan daya listrik yang dihasilkan.

Hasil pengujian pada turbin tanpa konsentrator dengan jumlah sudu 2, 3 dan 4 dan pengujian pada turbin dengan penggunaan penambahan konsentrator. Dalam penelitian ini *Coefficient performance* atau CP yang dicari pada pengujian meliputi kecepatan air (m/s), beban pengereman (Kg), putaran rotor (rpm), massa jenis (kg/m^3) yaitu untuk mendapatkan nilai daya air dan daya rotor. Sedangkan Efisiensi sistem dicari pada pengujian ini meliputi kecepatan air (m/s), arus listrik (ampere) dan tegangan (volt) yaitu untuk mendapatkan daya listrik yang dihasilkan dengan daya air yang dihasilkan.



Gambar 4 Pengaruh jumlah sudu terhadap CP

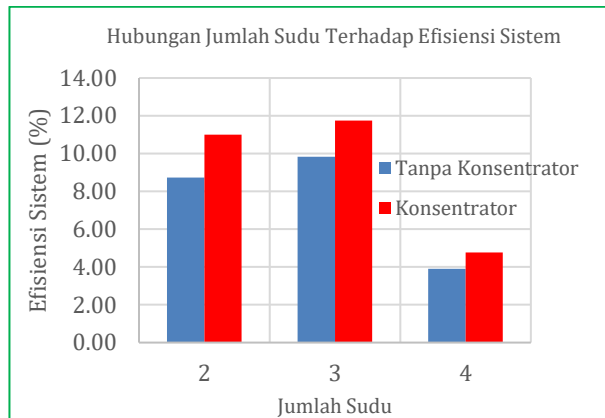
Hubungan jumlah sudu terhadap *coefficient performance* bahwa dari tiga turbin yang diuji pada turbin Savonius tanpa menggunakan konsentrator, hasil pengujian pada jumlah sudu 2 diperoleh *coefficient performance* rata-rata sebesar 0,10 kemudian pada jumlah sudu 3 nilai *coefficient performance* meningkat menjadi 0,11, dan pada jumlah sudu 4 *coefficient performance* menurun menjadi 0,05. Sedangkan pengujian dengan menggunakan penambahan konsentrator pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil pengujian pada jumlah sudu 2 diperoleh *coefficient performance* sebesar 0,12 kemudian *coefficient performance* pada jumlah sudu 3 meningkat menjadi 0,13 dan pada jumlah sudu 4 diperoleh *coefficient performance* sebesar 0,07.

Coefficient performance adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh rotor dengan daya air, dari penelitian yang dilakukan pada turbin Savonius, bahwa jumlah sudu 3 memiliki nilai CP yang paling tinggi, dengan penambahan konsentrator akan meningkatkan nilai CP peningkatan yang diperoleh pada jumlah sudu 2 yaitu sebesar 21,23% kemudian dengan jumlah sudu 3 meningkat sebesar 15,52% dan pada jumlah sudu 4 terjadi peningkatan sebesar 18,24%. Dengan penambahan konsentrator menunjukkan bahwa *coefficient performance* meningkat bila dibandingkan dengan pengujian tanpa konsentrator, serta jumlah sudu yang baik untuk *coefficient performance* diperoleh pada jumlah sudu 3 kemudian 2 dan terakhir 4 dari tiga jenis turbin yang diuji.

Pengujian turbin dengan penambahan konsentrator secara umum akan meningkatkan CP turbin, CP yang tinggi terjadi pada pengujian jumlah sudu 3 hal ini disebabkan karena daya rotor, dan daya air. Semakin tinggi nilai daya rotor maka CP pada turbin juga akan meningkat.

Secara umum dengan menggunakan penambahan konsentrator memiliki pengaruh terhadap CP pada turbin, konsentrator akan mengarahkan air seperti efek penyempitan pada

nozzle, karena terdapat perbedaan luas penampang pada konsentrator menyebabkan kecepatan aliran air mengalami perubahan.



Gambar 5 Pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi sistem

Hubungan jumlah sudu terhadap efisiensi sistem bahwa dari tiga turbin yang diuji pada turbin Savonius tanpa menggunakan konsentrator, hasil pengujian pada jumlah sudu 2 diperoleh efisiensi sistem rata-rata sebesar 8,73 % kemudian pada jumlah sudu 3 nilai efisiensi sistem meningkat menjadi 9,83 % dan pada jumlah sudu 4 efisiensi sistem menurun menjadi 3,91 %. Sedangkan dengan pengujian turbin dengan menggunakan penambahan konsentrator pada gambar 4.8 di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian pada jumlah sudu 2 diperoleh efisiensi sistem sebesar 11,00 % kemudian efisiensi sistem pada jumlah sudu 3 meningkat menjadi 11,75 % dan pada jumlah sudu 4 diperoleh efisiensi sistem sebesar 4,76 % pengujian dengan menggunakan penambahan konsentrator efisiensi sistem meningkat bila dibandingkan dengan pengujian tanpa konsentrator, jumlah sudu yang tertinggi untuk efisiensi sistem diperoleh pada jumlah sudu 3 kemudian 2 dan terakhir 4 dari tiga jenis turbin yang diuji.

Efisiensi Sistem merupakan perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan daya yang dihasilkan oleh air. Pada efisiensi sistem ini menunjukkan kemampuan sistem mengubah energi air menjadi energi listrik. Dimana semakin tinggi daya listrik yang dihasilkan maka efisiensi sistem akan meningkat.

Turbin Savonius pada aliran air dengan jumlah sudu 3 memiliki kinerja paling baik karena air yang ditangkap oleh sudu turbin pada nilai yang optimal pada kecepatan putar dari sudu, jarak yang jauh antara sudu satu dengan sudu yang lain menyebabkan air mengalir dengan bebas dan mengenai bagian lain dari sudu sehingga

menghasilkan gaya dorong positif selanjutnya dalam kondisi seperti itu menghasilkan gaya dorong negatif yang lebih kecil oleh karena itu turbin akan dapat menghasilkan nilai yang lebih besar, kemudian diikuti dengan jumlah sudu 2 dengan kinerja tertinggi kedua hal ini disebabkan karena air yang ditangkap oleh sudu turbin pada nilai yang optimal pada kecepatan putar dari sudu, namun jarak yang terlalu jauh antara sudu satu kesudu yang lain akan menyebabkan gaya dorong positif yang besar, pada kondisi yang sama gaya dorong negatif juga besar karena jarak antara sudu satu dengan sudu dua saling membelakangi, dan terakhir jumlah sudu 4 kinerja turbin menurun hal ini disebabkan karena pada sisi sudu yang berlawanan atau cembung yang akan menghasilkan gaya negatif yang lebih besar dari pada gaya dorong positif, meningkatnya jumlah sudu menyebabkan gaya hambat meningkat karena pada sisi sudu yang berlawanan atau cembung yang akan menghasilkan gaya negatif yang lebih besar sehingga menghasilkan daya yang lebih sedikit, semakin banyak jumlah sudu, semakin sedikit daya yang dihasilkan setiap turbin

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dan pada perhitungan yang telah dilakukan bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Koefisien performance pada pengujian turbin tanpa konsentrator maupun dengan konsentrator diperoleh koefisien yang tertinggi pada jumlah sudu 3 yaitu sebesar 0,11 dan 0,13 kemudian jumlah sudu 2 sebesar 0,10 dan 0,12 dan jumlah sudu 4 sebesar 0,05 dan 0,06
2. Efisiensi sistem pada pengujian turbin tanpa konsentrator maupun dengan konsentrator diperoleh efisiensi sistem yang tertinggi pada jumlah sudu 3 yaitu sebesar 9,83% dan 11,74% kemudian jumlah sudu 2 sebesar 8,73% dan 9,87% dan 4 sudu dengan efisiensi sistem sebesar 3,91% dan 4,76%
3. Dari tiga turbin yang telah diuji dengan pengujian tanpa konsentrator maupun dengan menggunakan penambahan konsentrator maka bisa disimpulkan bahwa hasil pengujian yang tinggi terjadi pada jumlah sudu 3, kemudian jumlah 2 dan terakhir jumlah sudu 4.

Saran

1. Karena turbin Savonius aliran air yang diuji ini adalah searah sumbu y atau *vertical* maka, peneliti menyarankan agar kedepannya untuk meneliti turbin Savonius pada aliran air searah sumbu x atau *horizontal*

- Pengambilan data untuk pengukuran daya rotor dan daya generator dilakukan secara bersamaan.
- Massa jenis (ρ) sebaiknya dilakukan dengan cara manual yaitu dengan cara menimbang air yang ditampung menggunakan wadah gelas ukur dan menimbanginya menggunakan timbangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristek atas bantuan dana penelitian melalui program penelitian Hibah Bersaing tahun 2016. Yang ke tiga penulis mengapresiasi Jurusan Teknik Mesin atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

A	= Luas sapuan rotor (m^2)
CP	= <i>coefficient performance</i>
D_f	= Diameter poros (m)
d_r	= Diameter rope (m)
E_k	= Energi kinetik (joule)
F	= Gaya tangensial pada poros turbin (N)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
I	= Kuat arus (Ampere)
m	= Massa air (kg)
m_1	= Beban pengereman pada timbangan digital 1 (Kg)
m_2	= Beban pengereman pada timbangan digital 2 (Kg)
m	= Hasil pengurangan dari m_1 - m_2 (Kg)
n	= Putaran rotor (rpm)
P_{air}	= Daya air (Watt)
$P_{listrik}$	= Daya listrik (Watt)
P_{rotor}	= Daya rotor (Watt)
Q	= Debit air ($m^3/detik$ atau m^3/jam)
T	= Torsi turbin (Nm)
v	= Kecepatan aliran air (m/s)
V	= Tegangan (Volt)
\forall	= Volume fluida (m^3)
ρ	= Kerapatan air (kg/m^3)
ω	= Kecepatan sudut (rad/s)
β	= <i>Overlap</i>
α	= <i>Aspect ratio</i>
η_s	= Efisiensi sistem (%)

DAFTAR PUSTAKA

Bagre, N., Patel, V., 2017 "Experimental analysis of Savonius Hydro Turbin at Various Inclinations," *Jurnal of Thermal Energy System* Volume 2 Issue 3.

Dietsel, F., Sriyono, D., 1980, *Turbin Pompa dan Kompresor*, Erlangga.

Golecha, K., Eldho T. I., Prabhu, S. V. 2012, "Performance Study of Modified Savonius Water Turbine with Two Deflector Plates," *International Journal of Rotating Machinery* Volume 2012.

Gorlov, A.M. 2001. *Tidal Energy*, Northeastern University, Boston.

Hamzah, I., Prasetyo, A., D.D.D. Tjhajana, P., Hadi, S., 2018, "Effect of Blades Number to Performance of Savonius Water Turbine In Water Pipe," Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral DEN 2014, "Laporan Dewan Energi Nasional" Jakarta 2014.

Khan N., Iqbal, M.T., Hinchey, M., Masek, V., 2009 "Performance of Savonius Rotor as Water Current Turbine" published in *Journal of Ocean Technology*, Vol 4 No. 2, page 27-29.

Kyozuka, Y., 2008, *An Experimental on the Darrieus-Savonius Turbine for the Tidal Current Power Generation*. *Jurnal of Fluid Science and Technology*, Vol 3, No 3.

Nataniel, D.U., 2017, *Pengaruh Pemasangan Sudu Pengarah Dan Variasi Jumlah Sudu Rotor Terhadap Performance Turbin Angin Savonius Tipe L*, *Jurnal Flywheel*, Vol. 8, No. 1.

Novrinaldi, Haryanto, A., Hanifah, U., 2011, *Rancang Bangun Turbin Heliks Aliran Datar Tipe L C500*, *Jurnal Rekayasa Mesin*, ISSN:2089-3582.

Pamuji, S.H., 2016, *Uji Performance Turbin Angin Savonius Bertingkat Dengan Variasi Posisi Sudut*, *Jurnal Dinamika Teknik Mesin* 107-112, Universitas Mataram, Mataram.

Pietersz, R., 2013, *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal*, *Jurnal Rekayasa Mesin*, ISSN, Vol 4, No 2.

Purnama, A.C., Hantoro, R., Nugroho, G., 2013 "Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran" *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 2, No. 2.

- Sargolzaei, J., 2007, *Prediction of The Power Ratio in Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks*. Zahedan, Baluchestan University.
- Sihombing, E. S., 2009, *Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai*, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Sularso, 1991, "*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- White, F.M., 1986, *Fluid Mechanics*. McGraw Hill Book Company, New York. Daryanto, 2010, *Teknik Konversi Energi*, Satu Nusa, Bandung.