

Kinerja Roda Air Arus Bawah 6 Sudu Plat Datar Dengan Variasi Debit Aliran Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik

Luther Sule^{1,a*} dan Mukhtar Rahman^{2,b}

^{1,2} Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10 Makassar-90245, Indonesia

^aluther.sule@yahoo.co.id dan ^bmukhtarrahman73@yahoo.co.id

Abstrak

Listrik adalah suatu jenis daya yang paling banyak digunakan sekarang ini karena memiliki banyak fungsi, di antaranya dalam menunjang kehidupan manusia, listrik digunakan sebagai sumber tenaga alat-alat elektronik dan alat-alat lainnya yang menggunakan listrik, dan yang paling pokok daya listrik dapat dapat ditransmisikan dalam jarak jauh cukup dengan kabel listrik. Hal ini membuat banyak negara termasuk Indonesia mencari cara dalam pemanfaatan energi untuk menambah pasokan listriknya guna memenuhi kebutuhan manusia. Selain mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas di alam, salah satu aplikasi yang diarahkan adalah pemanfaatan energi terbarukan yang ada di alam, misalnya energi air, energi angin, energi matahari, dan panas bumi. Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di Indonesia adalah pemanfaatan energi air dan apabila pemanfaatan energi tersebut dilakukan secara meluas diseluruh wilayah Indonesia maka peluang keluar dari krisis listrik akan semakin besar mengingat bahwa terdapat banyak tempat-tempat seperti sungai yang berpotensi untuk dimanfaatkan di negara kita. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan pada debit dan beban lampu yang bervariasi, untuk menentukan kinerja terbaik dari roda air arus bawah berdasarkan hasil pengujian, dan untuk menganalisis hubungan antara daya listrik yang dihasilkan terhadap kinerja roda air arus bawah. Rancang bangun dan konstruksi pengujian dilakukan dengan pembuatan alat uji dengan pengambilan data secara langsung di Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian ini menggunakan metode penelitian lapangan (eksperimen) dan membandingkan dengan teori yang ada (kepustakaan). Data yang diambil menggambarkan hubungan antara efisiensi (η_{ins}) terhadap debit yang berpariasi (Q) dengan berbagai beban (n) lampu. Dengan mengukur besarnya debit aliran, tinggi air, kuat arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator, dan putaran dari roda air.

Hasil dari penelitian diperoleh efisiensi terbaik dari roda air adalah 48,757% pada debit (Q) = 0,02066 m³/s dengan beban (n) lampu = 1buah lampu dengan 25 volt, 42,2 % dengan beban (n) lampu = 2 buah, 24,2 % dengan beban (n) lampu = 3 buah, 12,5% dengan beban (n) lampu 4 buah, terlihat dari hasil bahwa semakin besar pembebahan pada Generator efisiensi instalasi semakin kecil dan akhirnya roda air tidak mampu bergerak lagi pada debit yang sama.

Kata kunci : Kinerja, roda air, arus bawah, sudu plat datar

Latar belakang

Berdasarkan data produksi dan konsumsi listrik Indonesia, konsumsi listrik cenderung naik sedangkan produksinya sendiri walaupun cenderung naik, namun tahun 2008 terjadi penurunan produksi listrik. Tahun 2007 produksi listrik yang besarnya 141.711,30 GWh, masih lebih tinggi dibanding konsumsi listrik sebesar 121.554,79 GWh, sedang sejak tahun 2008 konsumsi listrik sudah melebihi batas produksi listrik dengan rincian produksi listrik 113.080,70 GWh sedangkan konsumsinya 129.018,90 GWh.

Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan energi pada saat ini sangat dibutuhkan, dimana kebutuhan akan energi semakin meningkat,

terutama bagi daerah yang sedang berkembang. Oleh karena itu, pemanfaatan energi secara tepat guna dapat menutupi kebutuhan energi yang terus meningkat.

Pada umumnya negara-negara berkembang saat ini masih banyak mengandalkan suplai energi dari pembangkit berbahan fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang tersedia dalam jumlah yang terbatas dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi terus bertambah. Oleh karena itu, pemanfaatan energi saat ini lebih kepada pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti, energi air, enegi angin, energi matahari, dan sebagainya. Hal ini dikarenakan energi terbarukan lebih mudah didapat dan dapat didaur

ulang bila dibandingkan dengan energi fosil yang tidak dapat didaur ulang. Untuk mendapatkan sumber energi fosil juga harus dilakukan dengan proses yang rumit dan membutuhkan waktu yang lama.

Energi air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi dalam penggunaannya melihat negara Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan mempunyai curah hujan yang tinggi, kemudian ditambah dengan keadaan topografi yang bergunung-gunung dengan aliran sungai yang deras sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai pembangkit tenaga listrik.

Energi air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Dimana pada dasarnya, air diseluruh permukaan bumi ini bergerak (mengalir). Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dengan menggunakan kincir air (roda air) atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu aliran sungai atau air terjun. Kincir air (roda air) memiliki sudu yang mempengaruhi kinerja yang dihasilkan dari roda air itu sendiri. Adapun bentuk sudu dari roda air yang umumnya digunakan dan memiliki kinerja yang lebih baik dibanding bentuk sudu yang lainnya adalah sudu lengkap.

Metodologi Dan Peralatan

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Februari 2013 bertempat di Laboratorium Mesin – Mesin Fluida Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Instalasi Alat Pengujian

Instalasi alat pengujian meliputi :

a. **Pipa**, digunakan untuk mengalirkan air dari pompa ke reservoir.



Gambar 1. Foto Instalasi Pengujian



Gambar 2. Saluran Air tempat pengujian.

b. **Saluran tempat pengujian**, sebagai media pengaliran air dari reservoir dan tempat melekatnya roda air dan generator pengujian dengan spesifikasi

Lebar saluran (l_s) = 25,5 cm = 0,255 m

Tinggi saluran (t_s) = 30 cm = 0,30 cm

c. Roda Air Sudu plat datar

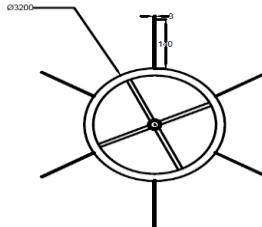
Roda yang digunakan dalam penelitian ini adalah roda dengan sudu plat datar dengan spesifikasi :

- bahan roda Velg sepeda berbahan plastik

- bahan sudu = Alminium

- jumlah sudu = 6

- diameter roda air (D) = 44 cm = 0,44 m

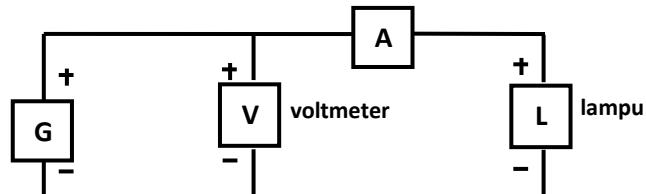


Gambar 3. Penampang 6 sudu plat



Gambar 4. Foto 6 sudu plat pada saluran air

d. Skema Pemasangan Alat Ukur Listrik



Gambar 5. Skema pemasangan alat ukur

Hasil dan Pembahasan Perhitungan kinerja.

Setelah menyelesaikan pengujian dan pengolahan data pada roda air dengan model sudu plat datar, maka diperoleh data-data antara lain, debit air, daya air, daya generator, dan efisiensi.

Daya air yang diperoleh berbeda-beda, hal ini disebabkan karena berbeda-bedanya debit air yang diberikan. Dimulai dari debit air 0,01176 m³/s

(Q_1), $0,01535 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_2), $0,02066 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_3), dan $0,2442 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_4). Semakin besar debit air, maka daya air yang tersedia juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan rumus :

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \times \rho \times Q \times V \quad (1)$$

$$= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$

Dimana : P_{air} = daya yang dimiliki oleh air (watt)

P = massa jenis air (kg/m^3)

A = luas penampang dilalui oleh air (m^2)

V = kecepatan aliran (m/s)

Daya air inilah yang kemudian dimanfaatkan untuk memutar roda air sehingga menghasilkan putaran. Kemudian putaran roda air akan diteruskan ke generator melalui puli untuk menghasilkan daya listrik. Daya listrik generator yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh putaran roda air, semakin banyak putaran roda air yang dihasilkan maka kuat arus yang dihasilkan semakin besar pula sehingga daya listrik juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan rumus:

$$P_{\text{gen}} = I \times V \quad (2)$$

Dimana : P_{gen} = daya yang dihasilkan generator (Watt)

I = kuat arus listrik (Ampere)

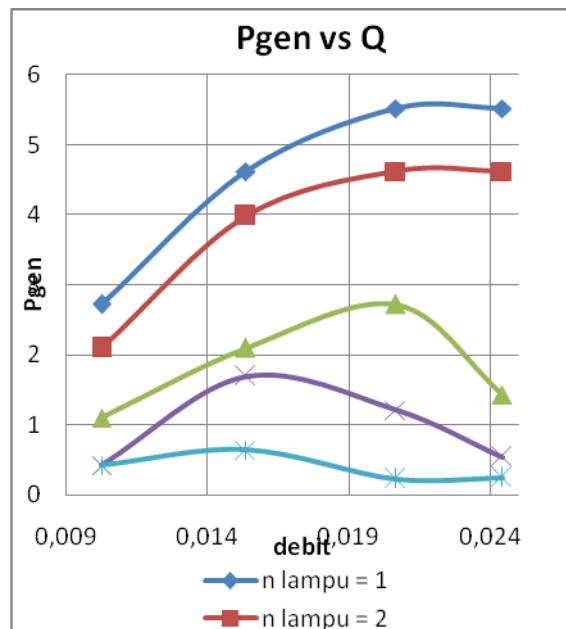
V = tegangan atau beda potensial listrik (Volt)

Kinerja roda air atau biasa disebut dengan efisiensi (η_{ins}) didapat dari perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan daya air yang tersedia. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa efisiensi (η_{ins}) tidak berbanding lurus terhadap daya yang dihasilkan oleh generator (P_{gen}). Berikut ini adalah grafik- grafik perbandingan antara efisiensi (η_{ins}) dan daya generator P_{gen} dengan beban lampu yang berbeda-beda.

Hubungan antara Q = perubahan debit (m^3/s) terhadap P_{gen} = Daya listrik yang dihasilkan (watt).

Tabel 1. Hasil pengujian dan perhitungan sudu plat datar uji generator listrik.

Q (m^3/s)	n lampa	Putaran (rpm)	Pair (Watt)	Pgen (Watt)	ηins (%)
0.01076	1	45	11.909	2.72	22.839
	2	42	11.909	2.1	17.633
	3	42	11.909	1.1	9.236
	4	39	11.909	0.42	3.527
	5	38	0.000	0	0.000
0.01350	1	47	10.894	4.62	42.409
	2	46	10.894	3.99	36.626
	3	46	10.894	2.1	19.277
	4	45	10.894	1.69	15.513
	5	45	10.894	0.64	5.875
0.02066	1	49	11.321	5.52	48.757
	2	47	11.321	4.62	40.807
	3	46	11.321	2.72	24.025
	4	46	11.321	1.21	10.688
	5	46	11.321	0.225	1.987
0.02442	1	54	18.070	5.29	29.275
	2	52	18.070	4.62	25.567
	3	52	18.070	1.43	7.914
	4	51	18.070	0.54	2.988
	5	51	18.070	0.2475	1.370



Gambar 6. Grafik perbandingan antara Perubahan debit terhadap energi listrik yang dihasilkan (Q vs P_{gen})

Grafik menunjukkan hubungan antara Q = perubahan debit (m^3/s) terhadap P_{gen} = Daya listrik yang dihasilkan (Watt). Dimana debit aliran air (Q) merupakan laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang atau saluran tiap satu satuan waktu. Nilai dari P_{gen} dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$P_{gen} = V \cdot I \quad (3)$$

Dimana : P_{gen} = daya listrik yang dihasilkan (watt)

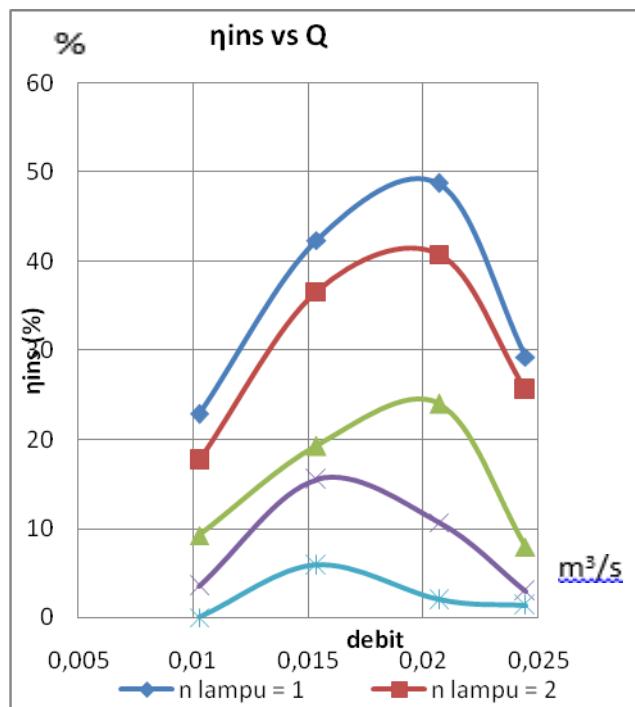
V = beda potensial (v)

I = kuat arus (A)

Dapat kita lihat bahwa grafik tersebut di atas menunjukkan bahwa semakin besar perubahan debit aliran maka daya listrik yang dihasilkan akan semakin besar pula, namun ketika kinerja roda air sudah mencapai titik maksimumnya maka daya listrik akan mengalami penurunan akibat semakin besarnya pembebahan yang diberikan terhadap roda air. Sehingga dalam grafik akan membentuk sebuah garis setengah parabola. Selain itu beban lampu juga sangat mempengaruhi kinerja roda air. Seperti terlihat pada grafik di atas dimana semakin banyak beban yang diberikan maka akan menurunkan kinerja dari roda air.

Hubungan antara debit (m^3/s) vs efisiensi (%) untuk Efisiensi total terbaik

Daya listrik terbesar dihasilkan pada $Q_3 = 0,02066 \text{ (m}^3/\text{s)}$ yaitu 5,52 watt pada pembebahan dengan menggunakan 1 buah lampu sedangkan daya listrik terendah dihasilkan pada $Q_3 = 0,02066 \text{ (m}^3/\text{s)}$ yaitu 0,225 watt dengan pembebahan 5 buah lampu.



Gambar 7. Grafik hubungan debit (m^3/s) vs efisiensi (%) dari roda air

Berdasarkan grafik di atas yang menunjukkan hubungan antara efisiensi total (%) dengan debit (m^3/s). Debit aliran air (Q) merupakan laju aliran

air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang atau saluran tiap satu satuan waktu. Untuk mendapatkan nilai dari efisiensi total, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta_{ins} = \frac{P_{gen}}{P_{air}} \times 100 \% \quad (5)$$

dimana η_{ins} = efisiensi total (%)

P_{gen} = daya listrik yang dihasilkan (Watt)

P_{air} = daya air (Watt)

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara debit (m^3/s) vs efisiensi (%) untuk Efisiensi total terbaik. Semakin besar debit alirannya maka efisiensi yang dihasilkan juga akan semakin kecil, hal ini juga dipengaruhi oleh besarnya pembebahan yang diberikan.

Pada debit $0,01176 \text{ m}^3/\text{s}$, Efisiensi total terbaik yaitu 19,922 % untuk lampu $n = 1$. pada debit $0,01535 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi terbaiknya 42,409 % untuk n lampu = 1 buah, efisiensi tertinggi terjadi pada pembukaan katup 2.5 dengan debit $0,02066 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk n lampu = 1 buah yaitu 48.757 %, kemudian pada debit terbesar $0,02442 \text{ m}^3/\text{s}$ efisiensi terbaiknya yaitu 29.275 % juga pada n lampu = 1.

Dari keempat variasi pembukaan katup/ debit aliran air (Q, efisiensi tertinggi pada n lampu = 1 buah. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari roda air akan semakin kecil dimana berbanding terbalik terhadap besarnya pembebahan yang diberikan.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian roda air sudu plat datar arus bawah, kinerja maksimal untuk keempat variasi debit dimana pada debit $0,01176 \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh yaitu 19,922 % untuk lampu $n = 1$. pada debit $0,01535 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi terbaiknya 42,409 % untuk n lampu = 1 buah, efisiensi tertinggi terjadi pada pembukaan katup 2.5 dengan debit $0,02066 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk n lampu = 1 buah yaitu 48.757 %, kemudian pada debit terbesar $0,02442 \text{ m}^3/\text{s}$ efisiensi terbaiknya yaitu 29.275 % juga pada n lampu = 1.

Referensi

- [1] Prayatmo, Wibowo, Turbin Air. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2007.
- [2] Suharsono, Kincir Air Pembangkit Listrik, PT. Penebar Swadaya, Jakarta, 2004.
- [3] White, Frank M, Hariandja, Manahan, Mekanika Fluida (Terjemahan). Edisi I, Erlangga, Jakarta, 1986.

- [4] Ryosuke Sonohata, Junichiro Fukutomi, Toru Shigemitsu, Open Journal Of Fluid Dynamics, Study on Contra-Rotating Small-Sized Axial Flow Hydro Turbine, 2(2012) 318-323.
- [5] Anurat Tevata and Chainarong Inprasit, Energy Procedia 9 (Elsevier), The effect of Paddle Number and Immersed Radius on Water Wheel Performance, 9(2011) 359-365.
- [6] T. Pujol, L. Montoro, Renewbel Energy, High hydraulic performance in horizontal water wheels, 35(2010) 2543-2551.
- [7] T. Pujol, Jordi Sola, Lino Montoro, Marc Pelegri, Renewbel Energy (Elsevier), Hydraulic performance of an ancient Spanish Watermill, 35 (2010) 387-396.
- [8] Miyoshi NAKAJIMA, Shouchiro IIO, Toshihiko IKEDA, Journal of Fluid Science and Technology Vol.3.No.3, Performance of Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hydraulic Turbine, 2008.
- [9] Young-Do CHOI, Jae-Ik LIM, Young-Ho. LEE, Journal of Fluid Science and Technology Vol.3.No.3, Performance and Internal Flow Characteristics of a Cross-Flow Hydro Turbine by the Shapes of Nozzle and Runner Blade, 2008.
- [10] Miyoshi NAKAJIMA, Shouchiro IIO, Toshihiko IKEDA, Journal of Fluid Science and Technology Vol.3.No.3, Performance of Double-step Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hydraulic Turbine, 2008.
- [11] Yusaku KYOZUKA, Journal of Fluid Science and Technology Vol.3.No.3, An Experimental Study on the Darrieus Savonius Turbine for the Tidal Current Power Generation, 2008.
- [12] M., Denny, European Journal of Physics, Eur.J.Phys., The Efficiency of overshot and undershot waterwheels, 25 (2004)193-202.
- [13] G. Akhyar Ibrahim, C.H. Che Haron and C. Husna Azhari, The online Journal on Power and Energy Engineering (OJPEE) Vol.(1) No.(2).