

ANALISIS KINERJA RODA AIR ARUS BAWAH 8 SUDU PLAT BENGKOK UJI TORSI

Nober Lolotoding¹⁾ dan Srivan Palelleng²⁾

srivan_palelleng@ukitoraja.ac.id

¹⁾ Alumni UKI Toraja

²⁾ Dosen Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja

ABSTRAK

Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Pengujian roda air arus bawah pada instalasi pengujian, dilakukan dengan variasi beban, tinggi saluran, untuk sudu 8, di Malango'. Dari hasil penelitian diperoleh data dari setiap variasi beban dan tinggi saluran antara lain : Torsi maksimum yang dihasilkan oleh roda air arus bawah plat bengkok pada tinggi saluran 0,02 meter dengan jumlah sudu 8 adalah sebesar 0.5886 Nm dengan daya roda air maksimum terdapat pada tinggi saluran 0,03 meter dengan jumlah sudu 8 sebesar 1,10892 Watt, dan Efisiensi atau kinerja maksimum yang dihasilkan oleh roda air pada sudu plat bengkok terjadi pada tinggi saluran 0,02 meter dengan jumlah sudu 8 sebesar 49,546 %.

Kata kunci : kinerja, roda air arus bawah, sudu, plat bengkok, uji torsi.

PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dari tahun ke tahun pertumbuhan energi juga meningkat baik untuk rumah tangga maupun industri. Di Indonesia, suplai energi masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang tersedia dalam jumlah terbatas dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi listrik terus bertambah. Oleh karenanya pemanfaatan energi sekarang ini sudah diarahkan pada penggunaan energi terbarukan yang ada di alam. Misalnya energi air, energi angin, energi matahari dan sebagainya. Hal ini dikarenakan energi terbarukan jenis di atas mudah didapat dan dapat didaur ulang bila dibandingkan dengan energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara. Untuk mendapatkan sumber energi fosil harus dilakukan proses yang rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu sumber energi fosil sekarang ini jumlahnya sudah berkurang dan tidak dapat diperbaharui.

Sumber-sumber energi terbarukan seperti energi matahari, panas bumi, energi air, energi angin dan sebagainya memenuhi kriteria sehingga dalam pemanfaatannya terbukti dapat mengurangi penggunaan energi fosil yang kian terbatas jumlahnya.

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi dalam penggunaannya adalah energi air. Mengingat negara kita merupakan negara beriklim tropis dan mempunyai curah hujan yang tinggi ditambah dengan faktor pendukung

seperti keadaan topografi yang bergunung-gunung dengan aliran sungai yang deras sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai pembangkit tenaga listrik.

Tenaga air adalah tenaga yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air (roda air) atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran sungai.

Berdasarkan uraian diatas, mendorong penulis untuk meneliti pemanfaatan sumber energi air dengan menggunakan kincir air (roda air) sebagai penghasil energi listrik yang diasumsikan sebagai kinerja dari kincir air (roda air)

Dari uraian diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perubahan model sudu 8 (plat bengkok) terhadap daya roda air maksimum yang dihasilkan pada arus bawah untuk kondisi debit aliran dan diameter yang sama untuk uji torsi.
2. Bagaimana model sudu yang terbaik untuk menghasilkan kinerja roda air yang optimal.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui daya roda air maksimum yang dihasilkan pada 8 sudu dan debit air.
2. Menentukan kinerja terbaik dari roda air berdasarkan hasil pengujian.

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Debit air dibuat berdasarkan tinggi air disaluran.
2. Roda air yang dibuat adalah roda air dengan 8 sudu plat siku.
3. Temperatur air di asumsikan konstan.
4. Elevasi air dicantumkan konstan.
5. Dimensi roda air adalah :
 - Diameter roda = 0,3 m
 - Lebar sudu = 0,2 m
 - Tinggi sudu = 0,15 m

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Malango' Kel. Tampo Tallunglipu Kec. Tallunglipu yang dilaksanakan pada bulan Juni-Juli tahun 2014. Peralatan untuk pembuatan roda air adalah:

- a. Fiber berfungsi untuk sebagai sudu dengan ketebalan 3 mm.
- b. Pelek berdiameter 0,3 m berfungsi sebagai poros dan tempat meletakkan sudu.
- c. Baut berfungsi sebagai perekat antara antara sudu dengan poros.
- d. Mistar berfungsi untuk mengukur panjang dan lebar sudu serta poros pada saat pembuatan roda air.
- e. Spidol berfungsi sebagai alat tulis atau penanda pada saat penggerjaan roda air.
- f. Gergaji besi berfungsi untuk memotong fiber yang akan digunakan sebagai sudu roda air.
- g. *Amplas kasar dan halus*, berfungsi untuk menghaluskan ujung fiber yang sudah di potong.
- h. Alat penunjang lainnya, seperti obeng positif, kunci pas, ring 10 mm, dan baut 10 mm. Digunakan untuk memasang dan membongkar roda air.

Prosedur Pengambilan Data Pengambilan Data untuk Debit

Periksa keadaan alat sebelum dijalankan sehingga dapat berfungsi dengan baik.

- a. Mengatur dan mencatat debit serta tinggi air yang mengalir kesaluran yang dibuat tanpa adanya roda air yang terpasang. Tinggi air (H_0) ini sebagai daya air yang akan memutar roda air.
- b. Memasang roda air yang telah dirakit dengan sudu plat siku yang jumlah sudunya 8 buah dan membiarkan sudu berputar hingga kondisi air pada saluran menjadi stabil.
- c. Setelah itu menghitung jumlah putaran roda air tanpa adanya pembebahan dengan menggunakan handcounter, bersama dengan itu stopwach juga di jalankan.
- d. Setelah satu menit stopwach dihentikan dan mencatat data yang di dapatkan seperti jumlah putaran roda air, tinggi air yang mengenai sudu (H_1) dan tinggi air yang keluar dari sudu(H_2). kemudian beban di tambahkan dengan kelipatan 200 gram hingga putaran roda air berhenti berputar
- e. Tampung air yang mengalir pada ujung saluran dengan menggunakan ember 20 L, kemudian catat waktu yang dibutuhkan untuk ember terisi penuh.

Prosedur Penelitian

Adapun tahap penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dalam rangka menggumpulkan data hingga menyelesaikan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang di lakukan.
- b. Mengolah data dan membahas hasil penelitian.
- c. Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel Hasil Penelitian

Tabel 1 Tabel Hasil Penelitian Pada Ketinggian Saluran 0,1 meter

No	Beban (kg)	N (rpm)	H (m)	Diameter poros (m)	Jumlah Sudu
1.	Normal	49	0,01	0,05	8
2.	0,2	42	0,01	0,05	8
3.	0,4	36	0,01	0,05	8
4.	0,6	25	0,01	0,05	8
5.	0,8	12	0,01	0,05	8
6.	1	0	0,01	0,05	8

Tabel 2 Tabel Hasil Penelitian Pada Ketinggian Saluran 0,2 meter

No	Beban (kg)	N (rpm)	H (m)	Diameter poros (m)	Jumlah Sudu
1.	Normal	58	0,02	0,05	8
2.	0,2	52	0,02	0,05	8
3.	0,4	46	0,02	0,05	8
4.	0,6	35	0,02	0,05	8
5.	0,8	23	0,02	0,05	8
6.	1	11	0,02	0,05	8
7.	1,2	0	0,02	0,05	8

Tabel 3 Tabel Hasil Penelitian Pada Ketinggian Saluran 0,3 meter

No	Beban (kg)	N (rpm)	H (m)	Diameter poros (m)	Jumlah Sudu
1.	Normal	65	0,03	0,05	8
2.	0,2	59	0,03	0,05	8
3.	0,4	52	0,03	0,05	8
4.	0,6	36	0,03	0,05	8
5.	0,8	24	0,03	0,05	8
6.	1	17	0,03	0,05	8
7.	1,2	0	0,03	0,05	8

Hasil Perhitungan

Debit Aliran Air (Q)

Untuk menentukan kecepatan dari variasi ketinggian saluran air dilakukan dengan menampung air yang mengalir melalui saluran ke dalam ember yang volumenya 20 liter. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali dengan mengambil hasil rata-rata sehingga debit dapat diketahui. Untuk kecepatan pertama ($V_2 = 1,2345 \text{ m/s}$) dengan pembebanan 0,6 kg dan putaran 35 rpm diketahui sebagai berikut :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Dimana :

$$V = \text{volume bejana ukur} \\ = 20 \text{ liter} = 0,020 \text{ m}^3$$

$$t = \text{waktu pengisian bejana ukur} \\ = \frac{2,8+2,6+2,7+2,6+2,6}{5} = 2,7 \text{ s}$$

Sehingga :

$$Q = \frac{0,020}{2,7} = 0,007407 \text{ m}^3/\text{s}$$

Densitas Air yang Mengalir (ρ)

Dalam pengujian yang dilakukan diketahui bahwa temperatur air di penampungan adalah 20°C . Berdasarkan tabel sifat air pada 1, maka diketahui massa jenis air (ρ) adalah $998,2 \text{ kg/m}^3$.

Jari – Jari Torsi Meter (m)

Pada pengujian diameter puli pembebanan yang digunakan adalah 10 cm. Jari – jari torsi meter ditentukan dengan mengukur jari – jari puli pembebanan pada torsi meter dengan persamaan :

$$r = \frac{1}{2} D$$

Dimana : r = jari – jari (cm)
 D = Diameter puli (cm)

$$\text{Sehingga : } r = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

Luas Penampang (m^2)

$$A = b \cdot h$$

dengan : $b = 0,25 \text{ m}$ (lebar saluran)

$$h = 0,03 \text{ m} \quad (\text{Tinggi air disaluran})$$

diperoleh :

$$A = 0,25 \cdot 0,03 \\ = 0,0075 \text{ m}^2$$

Daya Air (P_{air})

Untuk menentukan daya air diperlukan besarnya debit yang mengalir dimana debit air yang mengalir tergantung besarnya bukaan katub, sedangkan tinggi air yang mengalir dalam saluran yang mengenai sudu akan semakin besar karena adanya pembebanan yang diberikan pada roda air.

Dimana dapat dilihat dari persamaan berikut
2.1:

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \\ h &= 0,03 \text{ m} \\ v &= \frac{Q}{A} \\ A &= 0,0075 \text{ m}^2 \\ v &= \frac{0,007407}{0,0075} = 0,9876 \text{ m/s} \\ \text{Dimana : } &g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ h &= \end{aligned}$$

Tinggi air (m)

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{\text{air}} &= 998,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \\ &0,007407 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,03 \text{ m} \\ &= 2,1759 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Gaya yang Diperoleh pada Roda Air (F)

Gaya pada roda air dipengaruhi oleh besarnya variasi pembebanan yang diberikan pada roda air. Dimana dapat dilihat pada persamaan berikut :

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

Dimana ; m = massa dari pembebanan (kg)
 g = gaya gravitasi (m/s^2)

$$\text{Sehingga ; } F = 0,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 5,886 \text{ N}$$

Torsi pada Roda Air (T)

Torsi diperoleh dengan menggunakan sistem penggeraman dari setiap pembebanan yang diberikan pada roda pembebanan yang berputar. Dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$T = F \cdot r \quad (\text{Nm})$$

Dimana :

T = besarnya torsi yang terjadi (Nm)

F = gaya pada roda air (N)

r = jari – jari roda pembebanan (m)

$$\text{Sehingga : } T = 5,886 \text{ N} \cdot 0,05 \text{ m} = 0,2943 \text{ Nm}$$

Kecepatan Sudut (ω)

Kecepatan sudut dipengaruhi oleh besarnya putaran yang diasinkan oleh roda air. Dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (\text{rad/s})$$

Dimana :

ω = kecepatan sudut (rad/s)

$\pi = 3,14$

n = banyaknya putaran yang terjadi selama satu menit (rpm)

Sehingga :

$$\omega = \frac{2,3 \cdot 14,35}{60} = 3,6633 \text{ rad/s}$$

Daya Roda Air ($P_{\text{roda air}}$)

Daya roda air merupakan output dari daya roda air, daya roda air dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$P_{\text{roda air}} = T \cdot \omega \quad (\text{Watt})$$

Dimana :

T = besarnya torsi yang terjadi (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

Sehingga :

$$P_{\text{roda air}} = 0,2943 \text{ Nm} \cdot 3,6633 \text{ rad/s} = 1,0781 \text{ Watt}$$

Efisiensi Maksimal Roda Air (η)

Efisiensi roda air merupakan perbandingan antara daya roda air dan daya air, yang dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{\text{roda air}}}{P_{\text{air}}} \cdot 100 \%$$

Dimana : η = efisiensi dari roda air (%)

$P_{\text{roda air}}$ = daya roda air (Watt)

P_{air} = daya air (Watt)

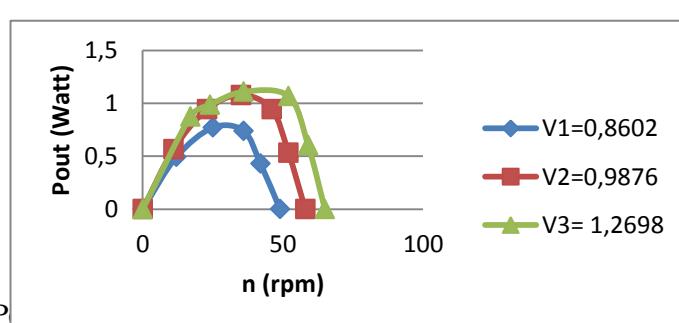
$$\text{Sehingga : } \eta = \frac{1,0781}{2,1759} \cdot 100 \% = 49,546 \%$$

Pembahasan

Dari hasil pengelolahan data serta pengamatan yang dilakukan pada penelitian Kinerja Roda Air Arus bawah Plat Bengkok Dengan Variasi Ketinggian saluran air diperoleh hubungan grafik sebagai berikut :

Pengaruh Putaran (n) Terhadap Daya roda Air (P_{out})

Daya (Watt) merupakan suatu kemampuan untuk melakukan kerja per satuan waktu, sedangkan putaran (rpm) merupakan jumlah atau banyaknya putaran yang terjadi dalam satu menit.

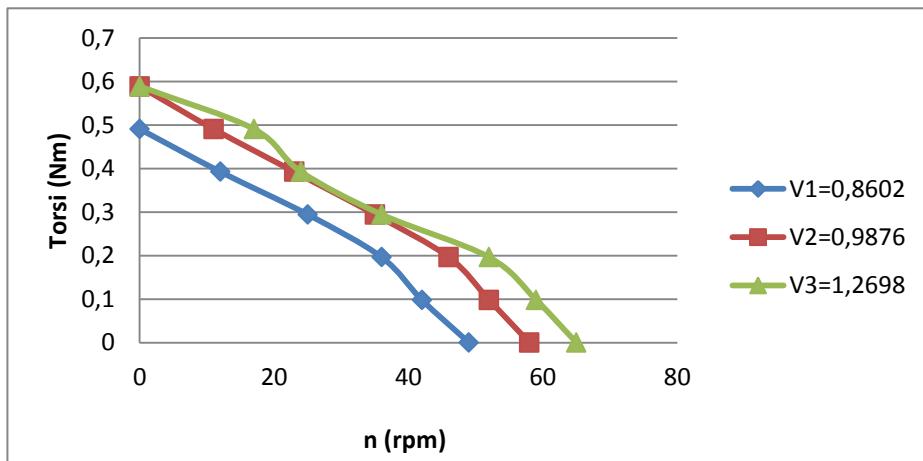


Gambar 1 P

lu 8 untuk variasi kecepatan

Pada grafik diatas dapat dilihat perbandingan antara daya roda air dengan putaran pada sudu 8. Besarnya daya roda air dipengaruhi oleh kecepatan

air yang mengalir dan tinggi saluran. Dimana daya roda air maksimal diperoleh pada kecepatan $V_3 = 1,2698 \text{ m/s}$ sebesar $1,108922 \text{ Watt}$.



Gambar 2 Pengaruh putaran (n) terhadap torsi(T) dengan pada sudu 8 untuk variasi kecepatan.

Parameter untuk membandingkan torsi dengan putaran pada grafik adalah dengan beberapa variasi kecepatan yang diberikan. Hubungan antara torsi dan putaran yaitu berbanding terbalik, dimana semakin besar nilai torsi yang dihasilkan maka putaran yang dihasilkan akan semakin rendah. Dalam pengujian ini, torsi digambarkan oleh seberapa mampu roda air menerima jumlah pembebatan yang diberikan sehingga putaran menjadi lambat hingga roda air berhenti berputar. Secara teoritis torsi memiliki persamaan :

$$T = F \cdot r$$

Besarnya nilai torsi dipengaruhi oleh nilai dari gaya (F) dimana untuk mendapatkan nilai dari gaya digunakan persamaan :

$$F = m \cdot g$$

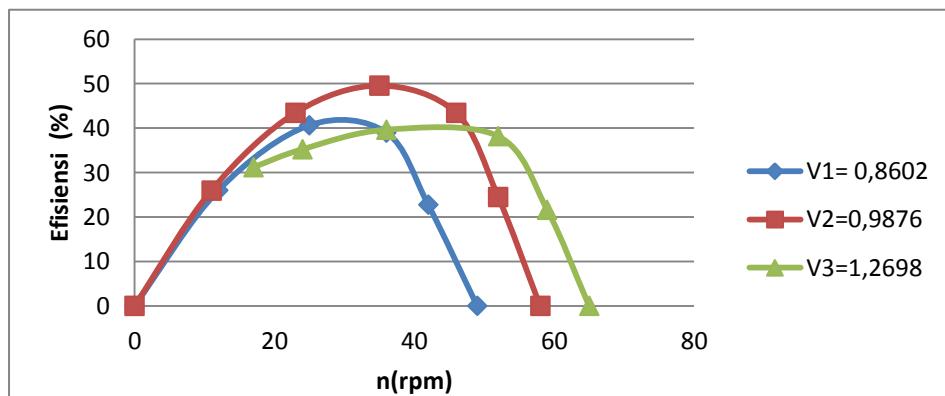
Nilai dari gaya ini dipengaruhi oleh nilai dari massa (m), dimana semakin besar massa yang

diberikan maka semakin besar pula gaya yang dihasilkan. Oleh karena itu dengan besarnya massa yang diberikan, berdampak pada putaran yang dihasilkan oleh roda air itu sendiri, dimana terjadi penggeraman yang besar atau gaya yang melawan arah putaran poros pada roda air sehingga putaran semakin melambat bahkan berhenti. Hal ini yang mendasari mengapa pada grafik terjadi perbandingan terbalik antara torsi dengan putaran yang dihasilkan.

Pengaruh Putaran (n) Terhadap Efisiensi Roda Air (η)

Pada grafik dibawah ini, terlihat perbandingan antara efisiensi roda air (%) dengan putaran (rpm) pada sudu plat rata dengan jumlah sudu 8 dengan tiga variasi kecepatan.

Pada grafik efisiensi, efisiensi maksimum diperoleh pada V_2 ($0,9876 \text{ m/s}$) sebesar $49,546 \%$.



Gambar 3 Pengaruh putaran (n) terhadap efisiensi (%) pada sudu 8 untuk variasi kecepatan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Daya roda air maksimum yang dihasilkan oleh roda air arus bawah dengan plat bengkok pada sudu 8 terjadi pada tinggi saluran 0,3 meter dengan putaran 36 rpm dan beban 0,6 kg atau pada kecepatan 1,5873 m/s yaitu sebesar 1,108 Watt.
2. Efisiensi atau kinerja maksimum yang dihasilkan oleh roda air arus bawah dengan plat bengkok terjadi pada tinggi saluran 0,2 meter dengan putaran 35 dan beban 0,6 kg atau pada kecepatan 0,9876 m/s yaitu sebesar 49,546 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Dandeker,MM., Setyady, B. 1991. *Pembangkit Air Tenaga Air UI – PRESS*, Jakarta.
- Dietzel, F., Syono, 1993. *Turbin Air dan Kompressor.(Terjemahan)*, penerbit Erlangga, Jakarta.
- Giles, R.V., Widodo,s, 1994. *Mekanika Fluida dan Hidraulika, (Terjemahan)*, Edisi Dua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Kusnaldi. 1999. *Karakteristik Kincir Air*. (online), <http://anonime.co.id>
- Manga,J. B, 1992. *Dasar-Dasar Turbin Air dan Perencanaan, Fakultas Teknik*, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Suharsono.2004. *Kincir Air Pembangkit Listrik : PT Penebar Swadaya*:Jakarta
- T.Pujol, Jordi Sola, Lino Montoro, Marc Pelegri. *Renewbel Energy 35 (2010) 387-396 (Elsevier)*. Hydraulic performance of an ancient Spanish Watermill.
- White, F. M., Wiharjo, L, 1986. *Mekanika Zalir, (Terjemahan)*, Penerbit,Erlangga, Jakarta.